

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Economia

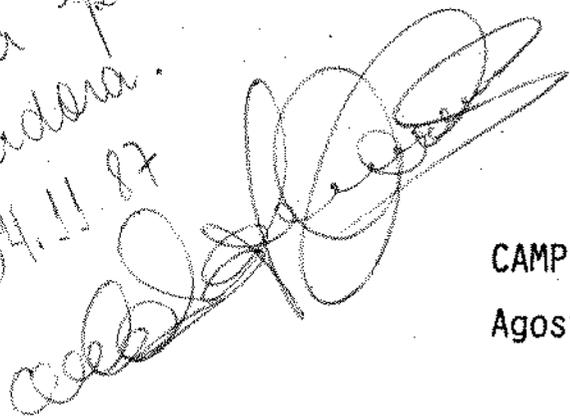
A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL E SEUS IMPACTOS
NA ARTICULAÇÃO EXTERNA DA ECONOMIA BRASILEIRA

Carlos Kawall Leal Ferreira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Davidoff das Chagas Cruz.

CAMPINAS - SP
Agosto - 1987

Este exemplar
corresponde ao original
do Diss. defendida pelo
aluno Carlos Kawall Leal Ferreira
em 04.11.87 e aprovada
da pela comissão jul-
gadora.
04.11.87



A meu pai *Jorge Leal Ferreira*,
Pelo incentivo e pelo exemplo

À memória de *Fernando Lucato Kawall*,
Pela amizade e alegria.

Robots have run amok - on the factory floor
'Bin 20 years at Sony and I can see 20 more
Hi-tech sex, wireless sets, samurai
Western ways, baseball games, apple pie.

Though some will say we imitate
Produce the goods at a cheaper rate
Faster too, reduced in size
Our ingenuity's realised.

Now Papa jumped the gun back in '41
Following the flag of the rising sun
When Tojo did the Mojo
He was downed in flames
U.S. destroyer - kamikaze plain.

The west dont learn from history
Doomed to repeat it endlessly
We put the past on to Fuji
Then we erase it totally - yeh!

Soon we'll be known as great Japan
Just like they do in Great Britain
Spelt microchip and solid state
The things that made this country great.

Da música "Sony", de Mick Jones - B.A.D.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação contou com o apoio da FAPESP, que a financiou quase integralmente.

Sua história é entremeada pela participação de várias pessoas que, de diversas maneiras, tudo viabilizaram. Restou ao autor preencher os momentos solitários com paciência, reflexão e algum esforço.

Em primeiro lugar, destaco o papel de meu orientador *Paulo Davidoff Cruz*, pela seriedade e compreensão com que enfrentou cada linha das inúmeras versões que resultaram nesta última, deixando espaço para um relacionamento amigo.

Luciano Galvão Coutinho abriu-me os olhos para as questões referentes às "novas tecnologias". *Ana Lucia Gonçalves da Silva*, *Catherine Marie Mathieu*, *Cláudia Heller*, *Luciana Togeiro de Almeida* e *Margarida Baptista*, colegas e amigas do Grupo de Pesquisas em Novas Tecnologias, propiciaram incansáveis discussões que aparecem, só elas sabem, em vários momentos deste trabalho.

Duas pessoas tiveram um papel especial. *Geraldo Biasoto Jr.* participou, há mais de três anos, da gênese desta dissertação e acompanhou-a até seu final, com sugestões e incentivo. *Mariano Francisco Laplane* foi o companheiro de trabalho que, com paciência e despreendimento, dirimiu minhas dúvidas iniciais, apontou caminhos alternativos, discutiu conclusões e, por fim, tornou-se um grande amigo.

Thomaz Lanz discutiu diversos pontos desta pesqui

sa e garantiu em várias ocasiões o apoio da SOBRACON.

Na redação final, foi decisiva a presença amiga e o estímulo de *Frederico Mathias Mazzucchelli*.

O dedicado e profissional trabalho de datilografia de *Maria Aparecida Fernandes e Orlando Carlos Furlan* tornou bem menos penosa a tarefa de ler este trabalho.

Contudo, sem o amor da *Cris*, nada disso teria sido possível.

É incontável o número de pontos falhos e omissões que estas pessoas permitiram evitar. Os que restaram, por minha teimosia ou ignorância, e que por elas e outros serão apontados, são de minha única responsabilidade.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	II
INTRODUÇÃO	VIII
I. Aspectos Teóricos e Metodológicos do Tema Proposto	VIII
II. Schumpeter e a Contribuição Neo-Schumpeteriana ..	XIV
II.1. O Ciclo Econômico e Inovação em Schumpeter.	XIV
II.2. As Teorias Neo-Schumpeterianas	XVII
II.2.1. A Teoria da Concorrência Schumpeteriana	XVII
II.2.2. Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas	XXII
III. A CEPAL e as Teorias do Desenvolvimento Latino-Americano	XXVI
III.1. A CEPAL e a Substituição de Importações ..	XXVII
III.2. Hirschman e os "Mecanismos de Indução" ...	XXX
III.3. A Industrialização Pesada e a "Ramificação da Trajetória Tecnológica" no Brasil	XXXIII
IV. Conclusões	XXXVI

CAPÍTULO I

OS PROCESSOS PRODUTIVOS MANUFATUREIROS E A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL	2
1.1. Introdução	2

1.2. Os Limites da Base Técnica Eletromecânica à Auto- mação Manufatureira	4
1.3. O Paradigma Microeletrônico e os Equipamentos de Automação da Manufatura	14
1.3.1. A Tecnologia do Estado Sólido e a Revolução Microeletrônica	14
1.3.2. Os Equipamentos de Automação da Manufatura.	19
1.3.2.1. A Indústria de Máquinas-Ferramenta e o Comando Numérico	19
1.3.2.2. Robôs Industriais	27
1.3.2.3. Sistemas de CAD	31
1.4. A Automação por Integração e a Automação Flexível.	36
1.4.1. As Diversas Configurações da Automação por Integração	39
1.4.1.1. O Controle Numérico Direto (DNC)..	39
1.4.1.2. Células e Sistemas Flexíveis de Ma nufatura	40
1.4.1.3. O CAD/CAM	44
1.4.1.4. As Redes Locais Industriais e a So lução MAP	45
1.4.1.5. A Manufatura Integrada por Computa dor (CIM)	47
1.4.2. A Automação Flexível e o Gerenciamento Cien tífico da Produção	49
1.4.2.1. Tecnologia de Grupo e Famílias de Peças	49
1.4.2.2. A Integração Projeto/Manufatura, Pa dronização e Modularidade	51

1.4.2.3. O "Kanbam" e o Controle de Estoques "just-in-time"	54
1.4.2.4. As Atividades de Suporte: Software Supervisão, Manutenção	56
1.5. Conclusões	57

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO E DIFUSÃO INTERNACIONAL DE MFCN - ROBÔS INDUSTRIAIS E SISTEMAS DE CAD	63
2.1. Introdução	63
2.2. Máquinas-Ferramenta com Comando Numérico	64
2.2.1. Produção Mundial e Padrões de Difusão de MFCN	66
2.2.1.1. Produção e Fluxos de Comércio ...	66
2.2.1.2. Segmentos por Tipos de Máquinas..	73
2.2.1.3. Padrões de Difusão por Setor e Tamanho de Empresa	74
2.2.2. Indústria: Estrutura e Estratégia de Concorrência	76
2.2.2.1. Estrutura de Custos e Concentração	77
2.2.2.2. Os Determinantes da Liderança Japonesa	80
2.2.2.3. Estratégias de Concorrência	85
2.2.3. Tendências Tecnológicas	87
2.2.4. Papel das Políticas Públicas	90
2.2.4.1. Políticas de Estímulo à Indústria	91

2.2.4.2.	Políticas de Estímulo à Difusão...	93
2.2.4.3.	Medidas Institucionais de Regula- mentação	93
2.3.	Robôs Industriais	95
2.3.1.	Produção e Mercado	95
2.3.1.1.	População e Produção	95
2.3.1.2.	Fluxos de Comércio	99
2.3.1.3.	Difusão por Tipo	101
2.3.1.4.	Setores Demandantes	102
2.3.2.	Estrutura e Estratégias da Indústria de Ro- bôs	103
2.3.2.1.	Estrutura da Indústria	103
2.3.2.2.	Estrutura de Custos e Estratégias Produtivas	107
2.3.2.3.	Estratégias de Internacionalização	109
2.3.2.4.	Os Determinantes da Liderança Japo- nesa	111
2.3.3.	Tendências Tecnológicas	113
2.3.4.	Políticas de Estímulo à Robótica	114
2.4.	Sistemas de CAD	116
2.4.1.	Produção e Mercados	116
2.4.1.1.	Parque Instalado e Mercado	116
2.4.1.2.	Fluxos de Comércio	118
2.4.1.3.	Setores Usuários	119
2.4.2.	Indústria	120
2.4.2.1.	Estrutura de Custos	120
2.4.2.2.	A Estrutura da Indústria de CAD ..	121

2.4.2.3. Estratégias Competitivas: HRW e SFW	123
2.4.2.4. Estratégias de Internacionalização	127
2.4.3. Tendências Tecnológicas	128
2.4.4. Papel das Políticas de Apoio ao Setor	130
2.5. Conclusões	132

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO E DIFUSÃO DE MFCN, ROBÔS INDUSTRIAIS E SISTEMAS DE CAD - O CASO BRASILEIRO	140
3.1. Introdução	140
3.2. A Indústria Brasileira de MF e a Tecnologia do CN.	142
3.2.1. Introdução: O Quadro Prévio à Política de Reserva de Mercado	142
3.2.2. O Processo de Difusão e os Setores Usuários	145
3.2.2.1. Caracterização dos Usuários	148
3.2.3. Indústria Brasileira de MFCN: Estrutura e Estratégias de Concorrência	150
3.2.3.1. Estrutura da Indústria de Máquinas-Ferramentas e os Fabricantes de MFCN	151
3.2.3.2. Estrutura da Indústria de CN	153
3.2.3.3. Estratégias de Concorrência e Competitividade dos Fabricantes de CN	157
3.2.3.4. Competitividade e Automação na Indústria de MFCN	161

3.3. Produção e Difusão de Robôs Industriais	166
3.3.1. O Processo de Difusão	166
3.3.2. Produção de Robôs Industriais: Análise dos Projetos Aprovados, Perspectivas e Estraté- gias dos Fabricantes	168
3.2.2.1. Estratégias de Concorrência	172
3.3.3. Desenvolvimento da Tecnologia	174
3.4. Produção e Difusão de Sistemas de CAD	176
3.4.1. O Processo de Difusão	176
3.4.2. A Produção de Sistemas de CAD: Análise dos Projetos Aprovados, Perspectivas e Estraté- gias de Concorrência	178
3.4.3. Gestão da Tecnologia	185
3.5. Infra-Estrutura de C & T na Área de Automação In- dustrial	190
3.5.1. O Quadro Institucional	190
3.5.2. Formação de Recursos Humanos	193
3.6. O Papel das Políticas Públicas	194
3.6.1. A Reserva de Mercado	194
3.6.2. Incentivos Fiscais e Política de Crédito ..	197
3.6.3. Normalização	198
3.7. Conclusões	199

CAPÍTULO 4

OS EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA E OS SETORES USUÁRIOS: A INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL E A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	208
--	-----

4.1. Introdução: A Evolução das Exportações Brasileiras de Manufaturados	210
4.2. Substituição de Importação e Capacitação Tecnológica na Indústria Brasileira de Bens de Capital	216
4.2.1. Crescimento e Diversificação na Indústria de Bens de Capital	217
4.2.2. Capacitação Tecnológica da Indústria Brasileira de BK	227
4.3. Modernização Tecnológica e Competitividade Externa na Indústria Automobilística Brasileira	235
4.3.1. Antecedentes da Implantação da Indústria Automobilística no Brasil	237
4.3.2. O Primeiro Ciclo da Indústria Automobilística Brasileira: 1957-1967	238
4.3.3. O Segundo Ciclo de Crescimento da Indústria Automobilística Brasileira: 1968-1978	240
4.3.3.1. A Alteração na Estrutura da Indústria e em seu Padrão de Concorrência	240
4.3.3.2. O Crescimento das Exportações da Indústria Automobilística Brasileira	242
4.3.4. Tendências Recentes da Indústria Automobilística no Plano Mundial e no Brasil	247
4.3.4.1. O Cenário Internacional	247
4.3.4.2. O Caso Brasileiro	254
4.4. Conclusões	258

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES	264
5.1. Os Condicionantes da Produção dos EAM	265
5.2. Os Condicionantes da Difusão dos EAM	267
5.3. Os EAM e a Inserção Brasileira na Divisão Interna- cional do Trabalho	270
5.4. O Papel das Políticas Industrial e Tecnológica ...	273
5.4.1. A Política de Reserva de Mercado	274
5.4.2. Políticas de Incentivos	278
5.4.3. Normalização	279
BIBLIOGRAFIA	282
I. Livros, Artigos, Teses e Relatórios de Pesquisa ...	282
II. Jornais e Periódicos	292
II.1. Nacionais	292
II.2. Estrangeiros	293
ANEXO ESTATÍSTICO	294

LISTA DE GRÁFICOS

Capítulo 1

1.1. Tamanho dos Lotes na Indústria Inglesa de "Engineering"	9
1.2. Flexibilidade e Produtividade das Diversas Configurações Envolvendo os EAM	43

LISTA DE QUADROS

Capítulo 1

1.1. Progresso Técnico do Comando Numérico	21
1.2. Grau de Automação de Diferentes Configurações de MF	25
1.3. Diagrama do CIM	48

Capítulo 2

2.1. Origem Industrial dos Fabricantes de Robôs	105
---	-----

Capítulo 3

3.1. Fabricantes de CN: Produção e Características dos Produtos	154
--	-----

Anexo Estatístico

I. Empresas com Projetos Aprovados na Área de Robótica - 1985	325
II. Projetos Aprovados para Fabricação de Robôs Universais - Principais Características e Aplicações ...	326
III. Projetos Aprovados para Desenvolvimento/Fabricação de Robôs com Tecnologia Nacional - Principais Características e Aplicações	327
IV. Projetos Aprovados na Área de CAD (Comunicado STI-SEI nº 004/85)	328
V. Projetos Aprovados para Sistemas de CAD de Médio e Grande Porte	329
VI. Número de Fabricantes de Equipamentos Pesados Selecionados no Brasil e nos Principais Países Desenvolvidos	330

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

2.1. Composição do Consumo de CN, por Tipo de Controle - 1977/80	68
2.2. Países Selecionados da OECD - Valor da Produção de MF para Corte de Metais - 1976, 1982 e 1988	69
2.3. Alemanha Federal - Valor da Produção de MF para Conformação de Metais - 1976 e 1982	71
2.4. Mercados Nacionais para Comandos Numéricos	71
2.5. População de Robôs em Países Selecionados	97
2.6. Estimativa da População de Robôs em Áreas e Países Selecionados	98
2.7. Japão - Vendas de Robôs - 1980	98
2.8. Produção de Robôs em Países Selecionados - 1982 ..	99
2.9. Países Selecionados - Estimativas do Parque Insta- lado de Sistemas de CAD	117
2.10. Estimativa do Mercado "Turnkey" de CAD	118

Capítulo 3

3.1. Número de Máquinas CN Comercializadas no Brasil	
--	--

por Ano de Instalação e Taxa de Crescimento	146
3.2. Usuários de Robôs Industriais - Brasil	167

Anexo Estatístico

I. Parcelas de Mercado dos Principais Países Fabricantes de MF	295
II. Parcela da Produção Nacional de MF Exportada	296
III. Importações de MF como Parcelas do Consumo Doméstico	297
IV. Países Selecionados da OECD - Parcelas das MFCN no Valor da Produção de MF de Corte de Metais por Tipo de Máquina - 1976 e 1982	298
V. Países Selecionados da OECD - Participação dos Diversos Tipos de MFCN no Total do Valor da Produção de MFCN - 1982	299
VI. Japão e EUA - Distribuição das MFCN por Setores .	300
VII. Japão - Investimento em MFCN por Tamanho de Empresa - 1970/1981	301
VIII. EUA - Distribuição das MFCN Instaladas por Classe de Tamanho das Empresas Usuárias - 1982	302
IX. Países Selecionados - Produção e Concentração da Indústria de Tornos com CN	303
X. Produtividade Aparente na Indústria de Máquinas-Ferramenta	304

XI. Fluxos de Comércio em Robótica - Países Selecionados - 1982	305
XII. Principais Aplicações dos Robôs Instalados em Países Selecionados - 1983	306
XIII. Japão - Distribuição do Uso de Robôs por Indústria - 1980	307
XIV. Japão - Vendas dos Principais Fabricantes de Robôs - 1982	308
XV. EUA - Valor das Vendas dos Principais Fabricantes de Robôs	309
XVI. EUA - Parque Instalado de Sistemas de CAD por Área de Aplicação - 1981, 1985 e 1995	310
XVII. Estimativa do Mercado: "Turnkey" de CAD	311
XVIII. Propriedade do Capital dos Usuários de MFCN - Brasil, 1980	312
XIX. Distribuição dos Usuários de MFCN por Tamanho da Empresa	313
XX. Usuários de MFCN segundo Gênero da Indústria	314
XXI. Produção de MFCN por Fabricante - Brasil	315
XXII. Empresas com Sistemas Próprios de CAD de Médio e Grande Porte por Setor de Origem - 1985	316
XXIII. Empresas com Sistemas Próprios de CAD de Médio e Grande Porte por Origem do Capital - 1985	317
XXIV. Exportações Totais e de Manufaturados - 1965/80..	318
XXV. Participação das Empresas Transnacionais na Exportação de Produtos Manufaturados	319

XXVI. Evolução das Exportações de Manufaturados 1970/79.	320
XXVII. Contribuição das Exportações de Manufaturados aos Termos de Troca - 1960/78	321
XXVIII. Importação de Tecnologia e Bens de Capital 1966/79	322
XXIX. Brasil - Produção e Exportação de Veículos - 1972/ /80	323
XXX. Exportações das Montadoras da Indústria Automobi- lística por Categoria de Uso e por Grupo de Países Conforme o Grau de Industrialização - 1973/81	324

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Este trabalho tem como tema de investigação os im pactos de uma nova geração de bens de capital - os Equipamentos de Automação da Manufatura (EAM) - sobre a inserção do Brasil na divisão internacional do trabalho.

Ao longo dos últimos trinta anos, os desenvolvimentos da tecnologia de informática passaram a viabilizar a associação de equipamentos eletromecânicos com comandos eletrônicos e mesmo o advento de novos equipamentos.

Estes novos produtos da indústria de bens de capital são conhecidos usualmente como equipamentos de automação industrial de base microeletrônica, em função do notável avanço obtido na automatização dos processos produtivos da in dústria.

Os EAM representam um subconjunto dentre estes no vos equipamentos de automação, que, como será visto adiante, permitiram superar uma série de limites à automação dos processos produtivos manufatureiros. A característica distintiva dos EAM é aliar a automatização à flexibilidade produtiva, em contraste com o caráter rígido da automação com base em equipamentos eletromecânicos.

A análise empreendida neste trabalho abrange três tipos de equipamentos que constituem o núcleo principal dos EAM: máquinas-ferramenta com comando numérico (MFCN), robôs industriais e sistemas de CAD ("Computer Aided Design" - Projeto com o Auxílio do Computador).

O estudo dos impactos dos EAM e da automação flexível sobre a inserção do Brasil na divisão internacional do trabalho constitui-se apenas em um "estudo de caso" referente a uma problemática mais ampla, a saber, o advento de um conjunto de inovações representado pela tecnologia de informática, biotecnologia, novos materiais e novas fontes energéticas, gestado nos países desenvolvidos. O surgimento de novos setores industriais e de serviços associados a este conjunto de inovações permitirá, aos países nele envolvidos, conquistarem novas vantagens comparativas dinâmicas no que é por vezes referido como um "novo padrão industrial".

Tal como proposto, o tema desta investigação insere-se na problemática da economia industrial e do progresso técnico. Neste sentido, certamente frustrará o leitor interessado em uma das questões mais complexas e polêmicas envolvendo a automação manufatureira: o impacto líquido sobre o nível de emprego e sobre a estrutura de qualificação da mão-de-obra. Cabe aqui justificar esta opção.

Durante a realização desta pesquisa, travou-se contato com estudos que no todo ou em parte tratavam dos efeitos sobre o emprego. Tais estudos, em geral, procuravam comparar o número de empregos destruídos com a automação com o volume de empregos criado, concluindo por um efeito desempregador líquido. Com base neste tipo de conclusão, tem crescido nos países desenvolvidos a luta sindical pela redução da jornada de trabalho, aposentadoria antecipada e reciclagem da mão-de-obra.

Entende-se, no entanto, que avaliar o efeito agregado dos novos processos automatizados sobre o nível de emprega

go é uma tarefa que não pode ser inferida a partir da análise estática comparativa de uma firma considerada isoladamente. Ao proceder-se desta forma, desconsidera-se os aspectos dinâmicos trazidos pela nova tecnologia, tais como o efeito da maior produtividade sobre o preço dos produtos e sobre a demanda, a indução que a automação gera para a criação de novos setores industriais e de serviços e outros efeitos indiretos que uma análise mais detida revelaria.

Adicionalmente, se o foco da análise é o Estado Nacional, passa a ser relevante o impacto dos EAM sobre a competitividade externa do país em consideração. Se o atraso na incorporação destes equipamentos causar perda de dinamismo do setor externo da economia, o estrangulamento cambial conduzirá a um crescimento econômico mais lento e, por extensão, gerará menos empregos. Contudo, avaliar todos os determinantes que atuam sobre o nível de emprego e efetuar uma análise empírica seria uma tarefa inexecutável nos limites deste trabalho, o que, no entanto, não significa considerá-la uma questão secundária.

Se o tratamento da problemática do emprego será apenas parcial e indireto, algo será dito com respeito às alterações da estrutura de qualificação da mão-de-obra. Conquanto a automação seja, de um modo geral, associada à desqualificação do trabalhador, será visto que o emprego dos EAM altera crucialmente as qualificações do trabalho, tanto no uso como na produção destes novos equipamentos.

A estrutura deste trabalho é formada por cinco capítulos, precedidos de uma breve introdução de teor teórico/metodológico. A razão desta breve digressão teórica é a

necessidade de buscar-se um referencial metodológico alternativo à razão neoclássica, a qual mostra-se seriamente limitada para o estudo de questões referentes ao desenvolvimento tecnológico no contexto de uma economia recentemente industrializada, como no caso brasileiro.

O primeiro capítulo trata das limitações impostas pela base técnica eletromecânica à automação dos processos manufatureiros e de que forma são superados pela automação flexível. Analisam-se também as mudanças na estrutura do capital investido e na competitividade microeconômica das empresas em função do emprego dos EAM e de configurações mais avançadas constituídas a partir destes equipamentos, que representam uma *trajetória tecnológica*.

No segundo capítulo, investiga-se a situação da produção e difusão dos EAM no contexto internacional, com atenção para os padrões de difusão e as estratégias dos fabricantes nos EUA, Japão e Europa.

O terceiro capítulo refere-se ao estágio do processo de produção e difusão dos EAM no Brasil. Busca-se identificar, a partir da análise do cenário internacional, alternativas para a produção e difusão destes equipamentos compatíveis com o grau de desenvolvimento industrial e tecnológico da economia brasileira.

A análise do quarto capítulo abrange os dois principais setores usuários potenciais dos EAM no Brasil, a indústria automobilística e a indústria de bens de capital, de modo a identificar as possibilidades e os limites impostos pelo grau de internacionalização destes setores à difusão dos EAM.

Um último capítulo sintetiza as conclusões do trabalho.

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

I. Aspectos Teóricos e Metodológicos do Tema Proposto

Ao estabelecer como tema de investigação os impactos da produção e difusão dos equipamentos de automação da manufatura na inserção do Brasil na divisão internacional do trabalho - tanto pelos impactos na pauta de importações como na competitividade de suas exportações - deparamo-nos com duas ordens de dificuldades: a falta de referências bibliográficas e de informações, principalmente quanto ao panorama internacional, e a ausência de um quadro metodológico consistente para abordar o tema proposto.

O primeiro dos obstáculos foi sendo paulatinamente superado por meio do contato com outros pesquisadores da área - notadamente do Instituto de Economia Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro - e com algum esforço próprio, facilitado pela importância crescente do debate sobre a automação industrial no país. Com isso, foi possível avançar na constituição de uma base de sustentação empírica minimamente aceitável.

No entanto persiste ao longo do trabalho uma série de lacunas quanto à cobertura das informações estatísticas, com relação a períodos, países e regiões abrangidos e o tipo de informação obtido. Estas dificuldades decorrem do fato de não existir (tanto no Brasil como no exterior) levantamentos estatísticos oficiais que discriminem o setor de auto-

mação industrial a partir de uma metodologia padronizada. A maior parte das estatísticas existentes é gerada por levantamentos de associações de classe ou por pesquisas de cunho acadêmico com uso de questionários, onde não há garantia de uniformidade metodológica.

Mais problemática foi a constituição de uma base metodológica para a parte analítica do trabalho. Nas fases iniciais, tomou-se contato com alguns trabalhos (em geral financiados por organismos internacionais) que buscavam avaliar os impactos da automação industrial de base microeletrônica nos países do Terceiro Mundo. Embora não fosse regra geral, constatou-se a limitação da parte analítica destes trabalhos, dada pela recorrência ao marco analítico neoclássico. Senão, vejamos.

Uma característica comum às avaliações oriundas das concepções neoclássicas, impregnadas pelo conceito de vantagens comparativas estáticas, é de apenas considerar factível a *difusão* dos equipamentos de automação industrial, em países em desenvolvimento, desconsiderando a possibilidade de ingresso na produção dos mesmos (1).

Em decorrência, algumas conclusões emergiam:

- recomendação de liberalidade tarifária, para estimular a difusão dos equipamentos de automação nos países em desenvolvimento, via importações.

- concluir que os equipamentos de automação não afetariam a pauta de exportações dos países do Terceiro Mun-

(1) Cabe destacar que ao ser iniciada esta pesquisa, já existia uma incipiente mas bem sucedida produção de comandos numéricos para máquinas-ferramenta no Brasil, como será visto no Capítulo 3, a seguir.

do já que estes países não são exportadores significativos de bens de capital ou produtos manufaturados sofisticados.

- avaliar o potencial de difusão destes equipamentos por meio de considerações estáticas quanto à dotação de fatores dos países em desenvolvimento, concluindo, por exemplo, que a difusão de máquinas-ferramenta com comando numérico é mais adequada que a de robôs, já que as MFCN substituem mão-de-obra qualificada (2) - escassa em países subdesenvolvidos - enquanto os robôs viriam deslocar a abundante mão-de-obra desqualificada.

Se fossemos seguir este marco teórico, é certo que esta dissertação seria consideravelmente simplificada, permitindo que o apriorismo e determinismo das hipóteses (neoclássicas) concluíssem por nós mesmos, tanto no plano microeconômico (qual o tipo de tecnologia apropriada), como no macroeconômico (recomendações de política relacionadas à produção dos equipamentos de automação) e da economia internacional (a necessidade de substituir importações e a possibilidade de adquirir competitividade externa na produção desses equipamentos).

Ao mesmo tempo, seríamos levados a abstrair os determinantes históricos do processo de industrialização no Brasil, fundamentais para avaliar a possibilidade e a necessidade da produção e difusão dos equipamentos de automação da manufatura no nosso país e a eventual necessidade de medidas de apoio por parte do Estado.

(2) Esta conclusão revela, ainda, uma concepção estreita sobre o impacto da MFCN na estrutura organizacional das firmas, que exige trabalho qualificado nas atividades de operação, programação e manutenção.

Buscando superar este problema, enveredamo-nos por dois caminhos distintos: as recentes contribuições dos autores "neo-schumpeterianos", que procuram desenvolver a relação dinâmica entre progresso técnico e desenvolvimento econômico formulada por Schumpeter; e as teorias do desenvolvimento econômico no contexto latino-americano, com destaque para a contribuição da CEPAL e sua superação crítica. Novamente, mostrou-se decisivo o contato com os trabalhos desenvolvidos no Instituto de Economia Industrial - IEI/UFRJ.

Esses dois veios teóricos são, a nosso ver, relevantes para os propósitos deste trabalho, uma vez que ambos procuram exergar o progresso técnico e o desenvolvimento econômico de forma dinâmica, destacando o processo de transformação qualitativa envolvido. Ainda, são "trajetórias" teóricas que explicitamente buscam obter um referencial consistente com a proposição de políticas públicas, tal como se pretende neste trabalho.

A necessidade de integrar teorias sobre a difusão do progresso técnico, entre firmas e países e teorias do desenvolvimento econômico é ressaltada por Soete (3). Para o autor, esta tarefa se faz

" (...) mais necessária na área do desenvolvimento econômico e das políticas de desenvolvimento industrial, que tem, pelo menos em suas dimensões econômicas, sido dominadas por considerações neoclássicas tradicionais quanto à eficiência alocativa estática, tanto no nível micro e macro, quanto no ní-

(3) Soete, L. - "International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging" - World Development vol. 13 nº 3, 1985, pp. 409-422.

vel nacional e internacional. Mudanças na tecnologia como um processo econômico, apontando em primeira instância para um conceito dinâmico de natureza desequilibradora, raramente tem sido introduzidos nestes modelos e em recomendações de política" (4).

Não se fará, aqui, uma crítica mais sistemática sobre a natureza estática da teoria neoclássica, que foge à contribuição que se espera dar com este trabalho. Cabe deixar claro, no entanto, que a limitação fundamental desta teoria advém de sua fraqueza no tratamento das estruturas de mercado oligopólicas, onde a possibilidade de estratégias múltiplas por parte das firmas (alterando a própria estrutura de mercado) conflita com a definição de hipóteses de maximização estabelecidas "a priori". Essa insuficiência foi apontada por vários autores críticos do paradigma neoclássico, com destaque para as contribuições de Joe Bain, Sylos-Labini e Josef Steindl (5).

Entretanto, o papel do progresso técnico e seu efeito disruptivo sobre as estruturas de mercado não foi objeto de uma análise sistemática por parte deste grupo de au-

(4) Idem, p. 409.

(5) Para uma análise da contribuição destes autores, ver: Possas, M.L. - Estruturas de Mercado em Oligopólio - Ed. Hucitec - São Paulo, 1985.

tores (6) embora não seja incompatível com ele (7).

Com o objetivo estrito de compor um marco de referência teórico, apresentam-se, a seguir, as linhas gerais da contribuição neo-schumpeteriana, com destaque para os conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas, e da contribuição das teorias do desenvolvimento latino-americano. No último item, busca-se mostrar, a partir do conceito de ramificação da trajetória tecnológica, a compatibilidade dos dois caminhos teóricos percorridos com a preocupação de analisar o desenvolvimento tecnológico levando em conta os condicionantes históricos da industrialização brasileira.

Esta breve digressão no campo da teoria econômica está longe de representar uma contribuição acabada. Pelo contrário, pretendeu-se apenas desenvolver um marco analítico mínimo de suporte à pesquisa empírica subsequente. A incipiência do debate econômico referente à inter-relação entre o progresso técnico e o desenvolvimento econômico, recentemente retomado, sugere que inúmeras contribuições devem surgir, no Brasil e exterior, em um futuro próximo.

(6) Para Steindl, por exemplo, "(...) os economistas não possuem conceitos nem medidas para o desenvolvimento tecnológico", como reconhece o autor na nova introdução de seu livro clássico. Ver Steindl, J. - Maturidade e Estagnação no Capitalismo Americano. Ed. Abril - Coleção "OS Economistas", 1983, p. 9.

(7) A integração do referencial teórico neo-schumpeteriano com o modelo de Sylos-Labini é feita por Dosi, G. - Technical Change and Industrial Innovation - The Theory and an Application to the Semiconductor Industry - Mac Millan - Press, Londres, 1984.

II. Schumpeter e a Contribuição Neo-Schumpeteriana

II.1. O Ciclo Econômico e Inovação em Schumpeter

Schumpeter é sem dúvida o autor contemporâneo que mais procurou ressaltar a relação entre o progresso técnico e o crescimento econômico, por meio de sua teoria dos ciclos econômicos.

Em sua primeira formulação (8), Schumpeter parte da noção de "fluxo circular da renda", um retrato do funcionamento do processo econômico "(...) onde todos os bens encontram um mercado", e os agentes econômicos "são todos, ao mesmo tempo, compradores - com o propósito de produzir e consumir - e vendedores" (9). No fluxo circular da renda, estabelece-se um equilíbrio estático, não havendo geração de excedente econômico, o que se traduz na ausência do lucro. O caráter rotineiro do sistema econômico é reforçado pela ausência de introdução de novos processos, o que leva "(...) a uma posição de equilíbrio econômico cujas partes constituintes não podem ser alteradas sem que o indivíduo tenha a sensação de estar pior do que antes" (10).

Entretanto, "(...) o próprio 'fluxo circular' constitui não um retrato fiel, ainda que em esboço, do funcio

(8) Schumpeter, J.A. - A Teoria do Desenvolvimento Econômico - Ed. Abril - Coleção "Os Economistas", São Paulo, 1982.

(9) Idem, pp. 12-13.

(10) Idem, p. 32.

namento 'normal' do capitalismo, mas uma 'moldura' onde propositalmente falta o essencial" (11). A ruptura do fluxo circular é obra da inovação, entendida como "(...) novas combinações produtivas ou mudanças nas funções de produção, cujo conteúdo é dado tipicamente por novos produtos, novos métodos de produção e transporte, abertura de novos mercados, novas fontes de matérias-primas, novas formas de organização industrial" (12).

O efeito disruptivo (e não adaptativo) da inovação sobre o fluxo circular se dá "(...) porque as combinações novas não são, como se poderia esperar segundo os princípios gerais de probabilidade, distribuídas uniformemente através do tempo (...) mas aparecem, se é que o fazem, descontinuamente, em grupos ou bandos" (13).

O agente da inovação é o empresário, que visa obter o lucro, forma de renda que inexistente no fluxo circular. A iniciativa dos "pioneiros" abre caminho para o surgimento de outros empresários inovadores, tanto no ramo industrial inicial, como em outros setores. Pode-se falar, desta forma, em inovações primárias, que rompem o fluxo circular, e as inovações secundárias, associadas ao processo de imitação e adaptação propiciada pela inovação primária.

O aparecimento de novas combinações e os investimentos a elas associadas impulsionam o desenvolvimento econô-

(11) Possas, M.L. - Dinâmica e Ciclo Econômico em Oligopólio - Tese de Doutorado - IFCH/UNICAMP, Campinas, 1983, p. 234 - grifos do autor.

(12) Idem, p. 229.

(13) Schumpeter, J.A. - op. cit., p. 148.

mico, que terá forma cíclica (14). Em formulação posterior (15) Schumpeter usa o mesmo marco analítico para explicar a existência de três ciclos: o ciclo longo (50-60 anos), o médio (9-10 anos) e curto (40 meses), sendo os dois primeiros associados ao processo inovativo e o último a flutuações dos negócios de curto prazo (16).

É fato que as formulações de Schumpeter tiveram pequena aceitação enquanto uma teoria dos ciclos econômicos (17) apesar do rico caminho teórico aberto quanto à relação entre progresso técnico e desenvolvimento econômico. Como observa Araújo Jr.,

"A principal crítica que hoje pode ser feita ao seu modelo refere-se à associação indevida entre ciclos tecnológicos e ciclos econômicos. Ao longo de toda sua obra, Schumpeter freqüentemente tratou os dois tipos de ciclos como manifestações de um único fenômeno, tornando-se difícil, por isso, encontrar evidências empíricas compatíveis com a formulação inicial de sua teoria" (18).

A teoria de Schumpeter estaria, ao apontar a im-

-
- (14) Não cabe, aqui, expor todo o mecanismo do ciclo em Schumpeter, procurando apresentar apenas as partes que serão incorporadas pelos neo-schumpeterianos.
- (15) Schumpeter, J.A. - Business Cycles - A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process - Mac Graw - Hill, New York, 1939.
- (16) Ver, a respeito, Possas, M.L. - "Dinâmica e Ciclo ..." op. cit., pp. 245-246.
- (17) Uma crítica à teoria dos ciclos de Schumpeter é apresentada em Possas, M.L. - "Dinâmica e Ciclo ..." op. cit.
- (18) Araújo Jr., J.T. - "Progresso Técnico, Teoria Econômica e História" - Literatura Econômica, IPEA, vol. 2, nº 2, mar/abr. 1980, grifos do autor, citado em Possas, M.L. - "Dinâmica e Ciclo ..." op. cit., p. 252.

portância do surgimento de grandes blocos de inovação, "(...) muito mais próxima das grandes transformações estruturais por que tem passado o capitalismo de tempos em tempos, associadas às 'ondas longas' estudadas por Kondratieff" (19).

A contribuição dos autores neo-schumpeterianos, como veremos a seguir, avança nesta direção explicitando a inter-relação entre o progresso científico e tecnológico e o desenvolvimento econômico.

II.2. As Teorias Neo-Schumpeterianas

II.2.1. A Teoria da Concorrência Schumpeteriana

Se a contribuição de Schumpeter, enquanto explicação dos ciclos econômicos não encontrou grande receptividade acadêmica vis-à-vis as teorias dos ciclos de origem Keynesiana/Kaleckiana (ou mesmo as emergentes da teoria neoclássica), sua visão da inter-relação entre o progresso técnico e o crescimento econômico serviu como ponto de partida para um conjunto de autores formularem um novo arcabouço teórico que permitisse enxergar, de forma mais realista e adequada à proposi

(19) Idem, ibidem. Ver a esse respeito a coletânea organizada por Freeman, C. (org.) - Long Waves in the World Economy - Frances Pinter - London, 1984.

sição de políticas públicas, o processo de gestação e de difusão do progresso técnico em uma economia capitalista (20).

O primeiro marco dentro deste esforço deve ser atribuído a Nelson e Winter (21), que passam a ser referidos como os criadores da teoria da concorrência schumpeteriana (22).

A motivação da "inovação" teórica destes dois autores é clara:

"É aparente que, na tentativa de elaborar políticas destinadas ao tratamento de uma rede de fenômenos sociais complexos como é a inovação, os formuladores de políticas que

(20) Em artigo escrito por ocasião da morte de Schumpeter, Gottfried Haberler discorre sobre o porquê da inexistência de uma "escola schumpeteriana", concluindo por duas razões: a complexidade e abertura do sistema schumpeteriano, que exigiria uma versão "simplificada" para "criar escola"; e a postura científica de Schumpeter "(...) que não era nem um reformador nem um partidário entusiástico do capitalismo, socialismo, planejamento ou qualquer outro 'ismo'; era um acadêmico e intelectual". Haberler apoia-se em palavras do próprio Schumpeter: "nunca busquei criar uma escola schumpeteriana. Não há nenhuma e não haverá nenhuma (...) se tenho alguma função, é de abrir portas, e não fechá-las". É curioso observar, como veremos em seguida, que pelas portas abertas da complexidade do sistema schumpeteriano ingressaram, uma década depois, economistas e historiadores explicitamente preocupados com o papel das políticas públicas no progresso tecnológico. Ver: Haberler, G. - "Joseph Alois Schumpeter - 1883-1950" - in Harris, S.E. - Schumpeter, Social Scientist - Harvard University Press - Cambridge, Massachusetts, 1951, pp. 45-47.

(21) Ver Nelson, R.R. e Winter, S.G. - "In Search of Useful Theory of Innovation" - Research Policy, nº 6, 1977, pp. 36-76. Este texto é suficiente para os propósitos desta breve resenha, embora a formulação mais elaborada destes autores esteja em Nelson, R.R. e Winter, S.G. - An Evolutionary Theory of Economic Change - Harvard University Press, 1982.

(22) Ver, Araújo Jr., J.T. - Tecnologia, Concorrência e Mudança Estrutural: A Experiência Brasileira Recente - Série PNPE nº 11 - IPEA/INPES, Rio de Janeiro, 1985.

forem inteligentes recorrerão à comunidade acadêmica para opiniões (...). Conquanto a atenção recentemente dada pelos políticos aos membros da academia seja dignificante, acreditamos que a comunidade acadêmica tem muito menos a dizer com relação à política apropriada para a inovação do que muitos acadêmicos gostariam de acreditar. A teoria da inovação prevalente não tem nem o fôlego nem a força para fornecer uma orientação com relação as variáveis que estão sujeitas a mudanças, ou para prever com confiabilidade o efeito de mudanças significativas" (23).

O ponto de partida da insatisfação de Nelson e Winter é o baixo poder explicativo das análises convencionais em desvendar as causas da existência de taxas de crescimento da produtividade diferenciadas entre os diversos setores da economia.

A análise convencional, nos marcos da teoria da produção, procurava explicar os diferenciais setoriais de produtividade por meio de alterações nos gastos de pesquisa e desenvolvimento (P & D) que deslocariam a função de produção. Após examinar uma série de estudos econométricos efetuados sob tal ótica, Nelson e Winter concluem pela necessidade de abandonar o marco da teoria da produção, basicamente por dois motivos: a existência de causação recíproca entre gastos em P & D, crescimento da produtividade e do produto, impedindo que se trate as atividades de P & D como uma variável indepen

(23) Nelson, R.R. e Winter, S.G. - "In Search ..." op. cit. pp. 37-38.

dente (24) ; e a extrema diversidade na estrutura institucional de P & D, (por exemplo, graus diferentes de apropriação dos benefícios das pesquisas governamentais, notadamente aquelas de origem militar) que implica em diferentes graus de absorção e internalização dos resultados, provocando, desta forma, estímulos mais ou menos fortes para as atividades de P & D.

Assim, Nelson e Winter concluem que "(...) o fôlego e a força do arcabouço baseado na teoria da produção é inerentemente limitado. Para obter uma compreensão mais sólida da inovação, e o que pode ser feito para influenciá-la, é necessário estudar com um grau considerável de detalhe os processos envolvidos e a maneira pela qual as instituições promovem e moldam esses processos" (25).

Nelson e Winter buscam então estabelecer algumas referências básicas para o estudo do processo inovativo: em primeiro lugar, "(...) a inovação envolve incerteza de um modo essencial" (26), o que significa reconhecer a existência de alternativas diversas de orientação das atividades de P & D; o quadro de incerteza é agravado pela complexidade da estrutura institucionacional ligada à inovação, que varia entre setores. Para os autores, só é possível integrar a complexidade e diversidade do processo inovativo em um corpo teóri-

(24) Estaríamos mais próximos, desta forma, do conceito de "destruição criadora" de Schumpeter, onde as grandes empresas internalizam as atividades de P & D, e se utilizam da inovação como arma de concorrência, gerando lucros do tipo monopólico que realimentam a continuidade do processo. Ver Schumpeter, J.A. - Capitalismo, Socialismo e Democracia - Ed. Zahar, RJ, 1984, cap. 8.

(25) Nelson, R.R. e Winter, S.G. - "In Search ..." - op. cit., p. 46.

(26) Idem, p. 47.

co consistente se "(...) a teoria da inovação (...) incorporar de forma explícita a natureza estocástica e evolucionária da inovação" (27).

É neste sentido que os autores apresentam o conceito de "trajetórias naturais", que representariam caminhos heurísticos a serem seguidos, baseados nas expectativas dos técnicos com relação ao que é possível desenvolver, a partir de um dado "regime tecnológico" existente, que define limites para a evolução da trajetória. A mecanização dos processos produtivos e a busca de escalas de produção maiores (para reduzir custos unitários) são apontadas como trajetórias naturais que sempre orientaram o progresso técnico.

O atributo "natural" que qualifica o conceito de trajetória refere-se às diversas possibilidades oriundas do meio científico e tecnológico, que devem passar pelo crivo do "meio-ambiente seletivo". Isto exclui a idéia de existência de um determinismo tecnológico que a idéia de "naturalidade" da trajetória pudesse sugerir, ao mesmo tempo que lhe atribui um papel próprio e relevante.

O meio-ambiente seletivo envolve, para Nelson e Winter, três ordens de influências: a lucratividade adequada em cada setor que estimula a inovação (tal como em Schumpeter); a influência das preferências do consumidor e de leis e regras que afetam as perspectivas de lucratividade; e a magnitude e abrangência dos investimentos e do processo imitativo envolvidos.

A interação entre a trajetória natural e o meio

(27) Idem, p. 48.

ambiente seletivo é, assim, um processo estocástico permeado pela incerteza. Como observa Araújo Jr., "(...) ao contrário do que propõe a microeconomia tradicional, o comportamento das firmas não é guiado por critérios emanados de um exercício de maximização condicionada, mas pela busca de procedimentos que lhes pareçam adequados às suas interpretações quanto ao significado dos sinais emitidos pelo mercado. É natural, portanto, que as firmas formulem estratégias distintas em reação aos mesmos sinais de mercado, sobretudo quando estes sinais são novos" (28).

II.2.2. Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas

A contribuição da teoria da concorrência schumpeteriana é enriquecida com as formulações recentes de Giovanni Dosi, que procura "(...) enfatizar a interrelação entre o progresso científico, o progresso técnico e o desenvolvimento econômico". O autor preocupa-se em estabelecer uma "(...) distinção lógica entre o que chamamos de 'sistema científico, o 'sistema tecnológico' e o 'sistema econômico'", como sistemas que possuem uma dinâmica interna cuja especificidade deve ser retida. A proposição do autor, seguindo o caminho apontado por Nelson e Winter é de "(...) desenvolver modelos de interação entre estes 'sistemas', com um grau de generalidade suficiente" (29).

(28) Araújo Jr., J.T. - op. cit., pp. 14-15, grifo do autor.

(29) Dosi, G. - op. cit., p. 13.

A novidade é a formulação do conceito de "paradigmas tecnológicos" (30).

Dosi rejeita definir a tecnologia como "(...) uma combinação de um leque dado de fatores definidos (qualitativa e quantitativamente) em relação a uma determinada quantidade de produto (...)", em troca de uma visão mais ampla envolvendo o conhecimento prático e teórico, "know-how", métodos e procedimentos, e também equipamentos e objetos concretos. Ainda, há uma "(...) parcela 'desincorporada' da tecnologia que consiste em capacitações técnicas particulares, experiências e soluções de tentativas passadas, ao lado do conhecimento e as realizações do estado-da-arte". A tecnologia, nesta visão, inclui a percepção de um arco limitado de alternativas tecnológicas possíveis e a noção de desenvolvimentos futuros (31).

A noção de alternativas tecnológicas limitadas é a base da definição do "paradigma tecnológico", que representa uma determinada visão que estabelece modelos e padrões para solucionar "(...) problemas tecnológicos selecionados, baseados em princípios selecionados derivados das ciências naturais e em tecnologias materiais selecionadas" (32).

Um paradigma tecnológico é identificado por meio da função genérica para o qual é aplicado, segundo a tecnologia material empregada, as propriedades físicas e químicas do material escolhido e pelas dimensões tecnológicas e econômicas.

(30) O conceito de paradigma tecnológico é formulado em analogia ao de paradigma científico, de Thomas Kuhn em A Estrutura das Revoluções Científicas.

(31) Dosi, G. - op. cit., pp. 13-14.

(32) Idem, p. 14, grifos do autor.

cas que ele focaliza (por exemplo, velocidade dos circuitos integrados vis-à-vis seu custo unitário).

É possível definir, desta forma, "trajetórias tecnológicas" que representam um determinado "padrão normal" de resolução dos problemas tecnológicos ligados a um determinado paradigma (33). A formulação de Dosi é neste sentido mais precisa que a de Nelson e Winter, uma vez que explicita o papel desempenhado pelos "sistemas" científico e tecnológico: "(...) mudanças (relativamente) exógenas estão ligadas à emergência de novos 'paradigmas tecnológicas', enquanto mudanças endógenas dizem respeito ao progresso técnico ao longo de 'trajetórias' que tais paradigmas definem" (34).

A relação entre os conceitos de trajetórias e paradigmas tecnológicos e o pensamento de Schumpeter é captado por Erber, que busca enfatizar a relação entre estes conceitos e a constituição de novos setores industriais: "O surgimento de novos paradigmas estaria associado à constituição de novos setores produtivos e às transformações substanciais da estrutura produtiva - ou seja, na terminologia schumpeteriana clássica seriam 'inovações primárias' (35). O progresso técnico ao longo de uma trajetória tecnológica expressar-se-ia através de uma série de inovações 'secundárias' de produtos e processos, de caráter cumulativo, em que 'efeitos de

(33) O conceito de trajetória tecnológica é similar ao de trajetória natural de Nelson e Winter, apenas trazendo, ao nosso ver, a vantagem de excluir do conceito de trajetória qualquer conotação determinística associada ao atributo "natural".

(34) Dosi, G. - op. cit., p. 5.

(35) Erber, F.S. - Paradigma Tecnológico, Complexo Industrial e Política Econômica na Microeletrônica. Anais do XIII Encontro Nacional de Economia - ANPEC - vol. 2 dez/85, Vitória/ES, p. 710.

de aprendizado' advindos da experiência, seriam de grande importância" (36).

O papel do sistema econômico é incorporado de forma semelhante à formulação de Nelson e Winter de um "meio ambiente seletivo". Dosi identifica uma fraqueza no mecanismo do mercado como selecionador "ex-ante" de direções tecnológicas, procurando ressaltar a importância dos gastos estatais e os "padrões de desenvolvimento social". Ao longo do seu desenvolvimento, porém, a trajetória tecnológica vai adquirindo determinação econômica, que juntamente com fatores institucionais e sociais operam como forças seletivas: "Assim, o meio econômico e social afeta o desenvolvimento tecnológico de duas maneiras, em primeiro lugar selecionando a 'direção da mutação' (i.e. selecionando o paradigma tecnológico) e então selecionando entre mutações, de uma forma mais darwiniana (i.e. a seleção 'ex-post' entre as tentativas e erros schumpeterianos)" (37).

Nesta breve resenha sobre a literatura neo-schumpeteriana, gostaríamos de mais uma vez enfatizar que a formulação conceitual acima exposta procura, acima de tudo, rejeitar visões determinísticas da teoria do progresso técnico, ressaltando seus aspectos qualitativos.

Este ponto é enfatizado em um trabalho recente de Camagni, preocupado com uma possível "neoclassização" dos con

(36) Idem, Ibidem.

(37) Dosi, G. - op. cit., p. 20.

ceitos de trajetórias e paradigmas tecnológicas (38).

"A evolução de uma tecnologia é um processo difícil de busca e aprendizado, alcançado por uma trajetória ("ex-ante") desconhecida e que se bifurca. Sua direção é governada, no nível agregado, por leis muito gerais e macro-objetivos da sociedade que pertencem à esfera da distribuição da renda e do poder de controle das diferentes classes, e no nível micro por interações complexas entre firmas e seu meio-ambiente".

"A teoria neoclássica, com sua idéia de um leque de técnicas perfeitamente conhecidas 'ex-ante', reduziu o conceito de escolha técnica a uma trivialidade dentro de um arcabouço estático; um conceito de trajetórias tecnológicas estreito e determinístico ao longo de caminhos previsíveis pode reduzir, da mesma maneira, uma abordagem moderna, neo-schumpeteriana e dinâmica da inovação e do progresso técnico" (39).

III. A CEPAL e as Teorias do Desenvolvimento Latino-Americano

Investigar os impactos da produção e difusão dos equipamentos de automação da manufatura no Brasil, tal como

(38) Camagni, R. - The Flexible Automation Trajectory - The Italian Case - Texto apresentado para a International Conference of Innovation Diffusion - Veneza, Itália, março 1986. A ênfase que o autor confere a este ponto parece sugerir que já existiriam tentativas neste sentido.

(39) Idem, pp. 3-4.

nos propomos, não pode ser feito se considerarmos o país como uma formação econômico social abstrata (do tipo economia de mercado/capitalista) ou delimitada genericamente (país em desenvolvimento/terceiro mundo).

Nos últimos trinta anos, a economia brasileira passou por alterações profundas que estabeleceram a possibilidade (e ao mesmo tempo os limites) de produzir e utilizar, em sua base industrial, equipamentos sofisticados tais como os aqui estudados. Neste período, o Brasil passou de uma economia industrial pouco diversificada para uma economia bastante integrada e que alcançou competitividade externa em alguns produtos manufaturados.

O número de questões tecnológicas enfrentadas pelo país cresceu e sua abrangência tornou-se mais complexa, especialmente pelo crescimento de sua indústria de bens de capital, como será visto na análise subsequente.

As relações entre desenvolvimento econômico, diversificação da base produtiva, substituição de importações, exportações e os problemas tecnológicos conexos foram temas recorrentes do debate do desenvolvimento no contexto latino-americano. Ao brevemente resenhar autores selecionados deste debate, busca-se criar um marco referencial mais preciso para o estudo do impacto da automação microeletrônica em um país de industrialização tardia.

III.1. A CEPAL e a Substituição de Importações

A idéia básica, por trás do pensamento da CEPAL -

Comissão Econômica para a América Latina - é do "(...) desenvolvimento desigual da economia mundial" (40). Segundo o "Estudio Económico de América Latina (1949)" redigido por Raul Prebisch,

"(...) o desenvolvimento econômico dos países periféricos é uma etapa a mais do fenômeno de propagação universal das novas formas de técnica ou, se quisermos, do processo de desenvolvimento orgânico da economia mundial (...) A propagação universal do progresso técnico dos países originários ao resto do mundo foi relativamente lenta e irregular, se tomarmos o ponto de vista de cada geração" (41).

A propagação diferenciada do progresso técnico cristalizava-se em uma certa divisão internacional do trabalho onde cabia às economias latino-americanas a exportação de produtos primários (alimentos e matérias-primas), caracterizando a etapa de crescimento "para fora" destes países.

Com a mudança do centro hegemônico para os EUA, após a 1ª Guerra Mundial, e o relativamente lento crescimento das economias avançadas, há um arrefecimento pela demanda de primários que se expressa na deterioração das relações de troca das economias periféricas, por meio da qual "(...) o centro é capaz de conservar seus incrementos de produtividade e, ainda, de se apropriar de parte dos resultados do progresso técnico introduzido na periferia. Em outras palavras, há uma tendência à concentração dos frutos do progresso técnico nas economias centrais, e o mecanismo pelo qual isto se dá é a

(40) Cardoso de Mello, J.M. - O Capitalismo Tardio. Ed. Brasiliense, 1982, p. 13.

(41) CEPAL - Economic Survey of Latin America - 1949. United Nations Publications - 1951, citado em Cardoso de Mello, J.M. - op. cit., p. 13.

deterioração das relações de troca" (42).

A reorientação do eixo dinâmico das economias periféricas em direção à industrialização (marcando a etapa de crescimento para dentro, base da constituição de um Estado-Nação independente) não livraria estas economias de uma série de problemas, oriundos do desnível entre as tecnologias disponíveis no centro e a capacidade de poupança e tamanho do mercado dos países periféricos "vis-à-vis" as escalas produtivas mínimas. Ao mesmo tempo gerava-se uma tendência ao desemprego estrutural, pela difusão de técnicas capital intensivas e ausência de uma produção local de bens de capital (43).

O caráter problemático da industrialização latino-americano é expresso pelo modelo de "substituição de importações", que explicita o processo dinâmico pelo qual "(...) a economia vai-se tornando quantitativamente menos dependente do exterior e mudando qualitativamente a natureza dessa dependência" (44), onde a substituição de bens finais na pauta de importações implicava na elevação das compras externas de insumos e equipamentos.

O motor indutor do processo era o estrangulamento da capacidade de importar, criando uma "proteção" à produção doméstica; o estrangulamento externo atua, porém, de forma contraditória, pois limita a continuidade do processo com a crescente rigidez na pauta de importações advinda das impor-

(42) Idem, p. 15.

(43) Idem, p. 17-22.

(44) Tavares, M.C. - "Auge e Declínio do Processo de Substituição de Importações no Brasil" - in Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro - Ed. Zahar, RJ, 9ª edição - 1981, p. 41.

tações de insumos e, especialmente, de bens de capital, produtos de maior valor agregado.

A importação de técnicas não adequadas às dimensões da demanda interna implicava em custos elevados e, ao mesmo tempo, não atingia o setor exportador primário, o que acarretava "(...) a preservação de uma base exportadora precária e sem dinamismo, o que por sua vez é uma das causas do crônico estrangulamento externo" (45).

Cabe reter, aqui, os pontos essenciais da visão cepalina da problemática da industrialização periférica. A incapacidade de inserção ativa na divisão internacional do trabalho é fruto das dificuldades em beneficiar-se dos ganhos de produtividade advindos do progresso técnico, já que o baixo dinamismo da demanda por produtos primários, de um lado, e a inadequação das técnicas importadas (problematizando a competitividade externa) de outro, repõe continuamente, via deterioração da relação de trocas, o estrangulamento externo que alimenta o processo substitutivo, mas ao mesmo tempo o sufoca.

III.2. Hirschman e os "Mecanismos de Indução"

Uma análise contemporânea ao paradigma cepalino foi empreendida por Hirschman (46). A riqueza da análise deste autor está em concentrar sua atenção na identificação

(45) Idem, p. 34.

(46) Hirschman, A.O. - The Strategy of Economic Development - New Haven - Yale University Press, 1958.

de "mecanismos de indução" que pudessem detonar o potencial de desenvolvimento das economias periféricas.

Hirschman rejeita a concepção largamente difundida de que seriam os recursos escassos (capital, poupança, mão-de-obra qualificada, capacitação empresarial, etc) que impediram o desenvolvimento. "(...) o nosso diagnóstico tem uma característica especial: não está preocupado com a falta ou mesmo com um ou vários fatores ou elementos necessários (capital, educação, etc) que devem ser combinados com outros elementos para produzir o desenvolvimento econômico, mas com a deficiência no processo combinativo em si mesmo" (47).

Através da definição da idéia de efeitos de encadeamento para frente e para trás, (a partir das relações inter-setoriais expressas nas matrizes de insumo-produto), Hirschman retrata o processo de desenvolvimento como uma "cadeia de desequilíbrios"; a implantação de um segmento industrial cria uma demanda (para trás) e uma oferta (para frente, se não for bem final) que induzem a implantação de setores complementares. O planejamento do desenvolvimento exigiria assim uma "solução em cadeia ou sequencial" que maximizasse o potencial indutivo e complementar dos projetos.

Não é surpreendente, assim, que Hirschman postule a necessidade dos países em desenvolvimento investirem em setores intensivos em capital, pois é nestas indústrias que os mecanismos de indução são mais fortes (especialmente no caso de insumos básicos), "induzindo" de forma mais significativa o processo de desenvolvimento.

(47) Idem, p. 25.

A questão da eficiência micro-econômica e dos custos também é abordada por Hirschman de forma original:

"(...) se for fato que empresas em países subdesenvolvidos estão expostas a forças que provocam a deterioração na qualidade de seu produto devido à falta de competição, falta de manutenção do equipamento, ou por outras razões, então algo pode ser dito para que se considere seriamente o estabelecimento de indústrias onde a latitude ou tolerância para tal deterioração seja particularmente baixa - instrumentos de precisão, por exemplo" (48).

Como destaca Araújo Jr., a implantação de uma indústria deste tipo acarreta *"(...) pressões em prol da modernização de outros segmentos da economia e/ou da implantação de outras indústrias submetidas a margens reduzidas de tolerância para com resultados mediocres, que poderão demandar novos tipos de serviços tecnológicos não disponíveis no País, e assim sucessivamente" (49)*.

A outra ordem de consideração relevante na análise de Hirschman é a necessidade de fomento às exportações no contexto do desenvolvimento econômico, como forma de financiar as importações: *"Em outras palavras, não há uma disjuntiva real entre promoção de exportações e a substituição de importações. A primeira pode freqüentemente ser a única maneira prática de se alcançar a última" (50)*.

As conclusões de Hirschman, que como enfatiza

(48) Idem, p. 144.

(49) Araújo Jr., J.T. - "Tecnologia ..." - op. cit., p. 32.

(50) Hirschman, A.O. - op. cit., p. 124.

Araújo Jr., tem alto valor para a elaboração de políticas públicas, serão retomadas na parte final do capítulo.

III.3. A Industrialização Pesada e a "Ramificação da Trajetória Tecnológica" no Brasil

Se é inegável que o Brasil modificou radicalmente o perfil estrutural de sua economia ao longo dos últimos trinta anos, adquirindo uma nova inserção no cenário internacional, não é menos verdade que muitos países latino-americanos não cumpriram sequer fases iniciais da etapa de "crescimento para dentro".

A necessidade de superar a periodização cepalina, cuja determinação levava em consideração apenas os condicionantes externos, colocou-se com clareza, assim como o uso de categorias analíticas neoclássicas tais como a função de produção, inoperantes para explicar os diversos caminhos históricos por que se enveredaram as nações latino-americanas (51).

Surge então a proposição de Cardoso de Mello no sentido de analisar a economia brasileira como "(...) a História de um determinado capitalismo", que não aparece "(...) como singularidade irreduzível, nem como a realização monótona de etapas de desenvolvimento pré-fixadas" (52). A histó-

(51) Não é o caso de nos alongarmos aqui neste ponto; remetemo-lo a sua fonte original: Cardoso de Mello, J.M. op. cit.

(52) Idem, pp. 176-177.

ria do nosso capitalismo seria "complexamente determinada", "(...) em primeira instância por 'fatores internos', e, em última instância, por 'fatores externos', a partir do momento em que se estabelece o Estado Nacional" (53).

O ingresso do Brasil na produção de bens de capital e bens de consumo "pesados" a partir de 1956, "(...) correspondeu a uma verdadeira 'onda de inovações' schumpeteriana: de um lado, a estrutura do sistema produtivo se alterou radicalmente, verificando-se um profundo 'salto tecnológico' (...). Há, portanto, um novo padrão de acumulação, que demarca uma nova fase, e as características da expansão delineiam um processo de industrialização pesada" (54).

O processo de substituição de importações, neste contexto, passa a ter validade apenas formal (55), já que a industrialização pesada exige uma articulação mais complexa do Estado e do capital internacional, ditando outra dinâmica (cíclica) à economia, onde as variáveis de análise relevantes são o investimento e os efeitos de encadeamento inter e intra setoriais (à la Hirschman).

O salto tecnológico efetivado pela indústria brasileira implicou em uma forte presença do capital estrangeiro, principalmente por meio de subsidiárias, mas também pelo recurso ao licenciamento de tecnologias. Ao longo dos anos 70, o aprendizado suscitado por este processo passou a inti-

(53) Idem, p. 26.

(54) Idem, p. 117, grifos do autor.

(55) Não que não existam "bens a substituir", mas no sentido que a substituição de importações não é mais o motor dinâmico do crescimento industrial. Ver sobre este ponto: Tavares, M.C. Acumulação de Capital e Industrialização no Brasil - Tese de Livre-Docência - FEA/UFRJ, 1975.

tular empresas nacionais e subsidiárias a competirem com sucesso nos mercados internacionais, contrariamente ao prognóstico cepalino de inadequação estrutural da tecnologia importada (56). Ao analisar este fenômeno, Araújo Jr. destaca que

"(...) a industrialização dos países do Terceiro Mundo vem fornecendo evidências abundantes de um fenômeno inerente à difusão internacional de inovações, que chamaremos de processo de ramificação de trajetórias naturais. Quando uma corporação transnacional abre uma subsidiária em um país do Terceiro Mundo, ou quando uma firma local instala uma nova linha de produção sob licença de um fabricante estrangeiro, as tecnologias transferidas inauguram um processo de aprendizado similar àquele experimentado pelas firmas de seu país de origem no período subsequente à sua descoberta, mas sob influência de condicionantes distintos" (57).

Para o autor, o salto tecnológico causado pelo ingresso das tecnologias estrangeiras estaria associado ao conceito schumpeteriano de inovações primárias, enquanto o processo adaptativo, aqui empreendido, representaria as inovações secundárias.

(56) Cabe destacar, por justiça, que o diagnóstico cepalino referia-se à inadequação da tecnologia importada "strictu sensu", não havendo considerações sobre sua possível adaptação, dentro de um novo contexto da divisão internacional do trabalho onde países em desenvolvimento passam a produzir e exportar manufaturados.

(57) Araújo Jr., J.T. - "Tecnologia, ..." - op. cit., p. 27. O conceito de ramificação da trajetória natural é concebido a partir das trajetórias naturais de Nelson e Winter. Entendemos que denominá-lo de ramificação da trajetória tecnológica (em coerência com a terminologia de Dosi) como doravante faremos, não altera o sentido em que é empregado por José Tavares e que gostaríamos de reter.

Este fator nada mais representa, como observa Camagni, a influência do contexto sócio-econômico sobre o processo inovativo (ou do "meio ambiente seletivo", na terminologia de Nelson e Winter) que é, obviamente, historicamente determinado e por meio do qual "(...) cada área desenvolve-se pela incorporação criativa de elementos diferentes da tecnologia, 'aclimatizando' e adaptando-os a suas necessidades e experiências específicas" (58). Este processo de aprendizado representou, desta forma, a criação de vantagens comparativas dinâmicas (59) na produção de bens que, há trinta anos atrás, o país importava, como o caso de automóveis, aviões de pequeno e médio porte e algumas linhas de bens de capital. Este resultado foi antecipado em um rico "insight" de Hirschman: "Difícilmente poderia se esperar que a teoria tradicional percebesse a conexão que poderia ser formulada da seguinte maneira: os países tendem a desenvolver vantagens comparativas nos artigos que importam" (60).

IV. Conclusões

O recurso a dois marcos teóricos de origens tão diversas - a teoria neo-schumpeteriana e as teorias do desenvolvimento latino-americano - faz-se possível pois ambos são corpos teóricos dinâmicos, que buscam focar o processo de

(58) Camagni, R. - op. cit., p. 4.

(59) Ver, a esse respeito, Erber, F.S. - The Capital Goods Industry and the Dynamics of Economic Development in LDCs - The Case of Brazil - Texto para discussão nº 48 - IEI/UFRJ, 1984.

(60) Hirschman, A. op. cit., p. 122, grifo do autor.

transformação da economia capitalista e o papel das políticas públicas na orientação desta transformação.

É evidente que estamos longe do rigor analítico da estática comparativa neoclássica, que permitiria obtermos conclusões mais precisas e bombásticas (por exemplo, a inadequação do robô industrial em um país de mão-de-obra não qualificada abundante). Acreditamos que a análise subsequente falará por si própria, mostrando a inadequação da "camisa de força" neoclássica para tratar a questão do desenvolvimento tecnológico; esta posição não é, de forma alguma, original, repetindo-se aqui o que grande parte dos estudos internacionais sobre o assunto faz em suas considerações metodológicas (61).

Do ponto de vista microeconômico, os conceitos de paradigma e trajetórias tecnológicas são fundamentais para a compreensão das estratégias no campo da automação da manufatura, tanto para fabricantes como para usuários. Como exporemos no próximo capítulo, o surgimento do paradigma tecnológico da microeletrônica abriu um amplo leque de questões tecnológicas, entre as quais a associação com bens de capital mecânicos - a *mecatrônica*, base técnica dos equipamentos de automação da manufatura. Delineou-se assim, a possibilidade de automatizar os processos produtivos manufatureiros, gerando a

(61) Ver, dentre outros: SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D. - Machine Tool Industry - Technical Change and International Competitiveness - The Technical Change Centre, London, 1985; WATANABE, S. - Market Structure, Industrial Organization and Technological Development: The Case of the Japanese Electronics-Based NC Machine-Tool Industry, Geneva, International Labour Office, 1983.

trajetória tecnológica da automação flexível, cuja fronteira divisível é a fábrica totalmente automatizada ("unmanned factory").

A incerteza, inerente ao conceito de trajetória, faz-se presente por meio de *diversas estratégias tecnológicas* (integração vertical, diversificação, ocupação de nichos de mercado) sendo muitas delas fadadas ao fracasso. No entanto, uma vez configurada, a factibilidade tecnológica da trajetória exerce uma "atração" fundamental sobre as estratégias tecnológicas das firmas em função da necessidade de integração dos diversos elos do processo produtivo.

Neste sentido, *as ramificações da trajetória da automação flexível*, refletidas nas diferentes estratégias tecnológicas possíveis, estão profundamente ligadas ao "meio ambiente seletivo", que abrange, como será visto, diversos condicionantes: a infra-estrutura institucional de P & D (instituições de pesquisa, universidades) e a forma de financiamento destes gastos; a estrutura industrial e as dimensões do mercado interno de cada país; a estrutura organizacional das empresas; e o papel das políticas públicas.

Não se pode deixar de considerar ainda, que, conquanto o progresso técnico seja em geral associado a questões "estruturais", ele é fortemente condicionando pela conjuntura existente. A conjuntura mundial recente (particularmente a partir dos anos 70) tem um forte papel no direcionamento da trajetória da automação flexível.

Ao nos voltarmos para o estudo da produção e difusão dos equipamentos de automação da manufatura no Brasil, torna-se crucial avaliar os condicionantes de nosso "meio am-

biente seletivo" que condicionará as ramificações da trajetória tecnológica.

As transformações estruturais porque passou a economia brasileira em sua etapa da industrialização recente a intitularam a produzir e utilizar os EAM. Do ponto de vista da difusão, foi fundamental o crescimento das exportações industriais a partir dos anos 70 em alguns setores industriais de tecnologia complexa, com a conseqüente sofisticação de seus processos produtivos.

Do ponto de vista da produção, o mais polêmico, os EAM são uma extensão do processo de crescimento e diversificação da indústria brasileira de bens de capital. Como veremos, esta indústria alcançou no período recente uma elevada participação da oferta interna no consumo aparente, superior a de um alguns países europeus desenvolvidos.

A necessidade de substituir importações neste segmento não é uma opção de estratégia de crescimento econômico (como no período do II PND); é uma opção pela administração do "gap" tecnológico do setor, cumprindo o "princípio da margem de tolerância" de Hirschman. Ao mesmo tempo, representa aproveitar as oportunidades de ascensão tecnológica ("technological leapfrogging", na terminologia de Soete) (62) em setores onde o Brasil tem inclusive condições de adquirir competitividade internacional.

O ingresso em segmentos de alta tecnologia representa a possibilidade de apropriação dos benefícios do progresso técnico, em um quadro onde já é possível prever a pos-

(62) Soete, L., op. cit.

sibilidade de deterioração da relação de trocas entre os países produtores de manufaturados leves e aqueles que exportam equipamentos sofisticados e serviços (63).

Não obstante, é preciso ter em mente as limitações colocadas à inserção do Brasil neste processo - do qual o estudo dos EAM é apenas uma pequena parte. Os rápidos deslocamentos da fronteira tecnológica, o crescimento vertiginoso dos gastos em P & D, o acirramento da competição internacional na área, de um lado, e os ritmos e rumos do processo de industrialização brasileira, cabendo destacar aqui o seu grau de internacionalização e as deficiências de sua capacitação científica e tecnológica, de outro, são fatores suficientemente fortes para mostrar que a ramificação da trajetória tecnológica no Brasil não buscará alcançar a tecnologia de fronteira.

Isto, no entanto, não pode fazer com que se adote uma postura passiva frente a esta, aceitando uma inserção internacional com base nas vantagens comparativas estáticas. Corroboramos a posição de Araújo Jr., segundo o qual

"(...) o reconhecimento de tais obstáculos não implica em outorgar à noção de dependência o "status" de categoria analítica, a partir da qual devam ser estudados os problemas da industrialização no Terceiro Mundo, mas, tão somente, em considerá-la como um dos elementos eventuais de configurações industriais específicas" (64).

(63) Tigre, P.B. - Economia da Informação: Implicações para o Terceiro Mundo - IEI/UFRJ - Texto para discussão nº 82, 1985.

(64) Araújo Jr., J.T. - "Tecnologia ..." - op. cit., p. 30.

CAPÍTULO I

OS PROCESSOS PRODUTIVOS MANUFATUREIROS E A TRAJETÓRIA
TECNOLÓGICA DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL

CAPÍTULO 1

OS PROCESSOS PRODUTIVOS MANUFATUREIROS E A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL

1.1. Introdução

A relação entre progresso técnico, automação dos processos produtivos e crescimento da produtividade é parte integrante do processo histórico de desenvolvimento da economia capitalista. Para Marx, a contínua elevação dos meios de produção em relação ao trabalho humano vivo (i.e., a elevação da composição técnica do capital) é a forma por excelência de elevação da produtividade social do trabalho sob o regime de produção capitalista (1).

A tendência à paulatina substituição do trabalhador humano direto pelo trabalho pretérito incorporado em meios de produção, cria, ao mesmo tempo, novas frentes de inversão para a economia capitalista, representadas pela produção de bens de capital. Como visto no capítulo anterior, a ausência de uma indústria de bens de capital local está na base da postulação cepalina da "problematização da industrialização periférica"; e a internalização da produção destes bens, a partir do final dos anos 50 (ao lado da produção de bens intermediários) intitulou a economia brasileira a ingressar na etapa de "industrialização pesada".

(1) Marx, K. - O Capital - Ed. Abril Cultural - Coleção "Os Economistas", vol. I, cap. 23.

O progresso técnico sobre a forma da automação sempre colocou duas ordens de considerações quanto a seus impactos econômicos: de um lado, os efeitos resultantes da difusão das novas técnicas em termos da produtividade e da competitividade dos setores usuários, e seus efeitos sobre as respectivas estruturas de mercado. De outro, a criação de novos setores industriais, especialmente os responsáveis pela nova geração de máquinas e equipamentos; estes setores, encarregados da produção das novas técnicas, vão apresentar uma complexidade tecnológica crescente e requisitos de escalas mínimas de inversão elevados, implicando em estruturas de mercado fortemente concentradas, tanto ao nível nacional como internacional.

É certo que este processo se deu, no entanto, de forma bastante diferenciada entre os diversos setores das economias capitalistas. À criação de um novo produto mais complexo, corresponde uma maior complexidade na tarefa de automatizar sua produção. É possível que, dentro dos limites da base técnica existente, esta tarefa não tenha uma solução tecnológica/econômica satisfatória, exigindo para tanto uma nova base técnica ou, na terminologia aqui empregada, um novo paradigma tecnológico.

A limitação à automação fez-se mais intensa nos processos produtivos manufatureiros, em oposição àqueles de fluxo contínuo. No primeiro item deste capítulo, discutiremos de que forma a base técnica eletromecânica ditava limites à substituição do trabalho humano direto, e quais as consequências sobre a composição do capital (capital fixo/circulante) e a competitividade microeconômica das empresas.

O surgimento dos EAM, associado ao despontar do paradigma tecnológico microeletrônico, superou uma série de constrangimento à automação dos processos manufatureiros. Busca-se, no segundo item, historiar brevemente as características deste novo paradigma tecnológico, bem como definir os três EAM estudados e delimitar os principais setores usuá-rios.

Em seguida, busca-se mostrar a importância das di-
versas possibilidades de integração dos três equipamentos ana-
lisados, que configuram uma trajetória tecnológica. Este item
é crucial para a análise a ser empreendida no Capítulo 2,
quando se analisará as estratégias das empresas fabricantes
dos EAM. Um último item é reservado às conclusões.

1.2. Os Limites da Base Técnica Eletromecânica à Automação Manufatureira

A história do desenvolvimento da indústria ao lon-
go do século XX é, ao mesmo tempo, a história da tecnologia
eletromecânica, que se constitui na base técnica da maior par-
te dos equipamentos incorporados aos processos produtivos. Ao
final do século XIX, a base tecnológica fundada com a hegemo-
nia inglesa (ferro-carvão-motor a vapor-ferrovia) é substituí-
da por uma nova onda tecnológica compreendendo o aço-eletrici-
dade-refino do petróleo-motor a combustão-automóvel, sob a
liderança dos EUA (2).

(2) Ver: Coutinho, L.G. - Percalços e Problemas da Econo-
mia Mundial Capitalista. Seminário ANPEC/CAEN, Fortale-
za, 1979, mimeo.

Este padrão tecnológico, gestado na virada do século, continua hegemônico no pós-2ª Guerra Mundial. O complexo metal-mecânico (bens de capital, bens de consumo durável - tais como automóveis e eletrodomésticos-metalurgia e siderurgia) e o complexo químico (especialmente a petroquímica) passam de 34% e 10% da produção industrial mundial para 43% e 14%, respectivamente, entre 1955 e 1977. Compensatoriamente, os bens de consumo não-duráveis tem a participação reduzida de 30% para 22%, entre os mesmos anos. Este padrão setorial, que corresponde à difusão do padrão industrial americano, verifica-se no Japão, Europa, e mesmo na América Latina, apesar do menor peso da metal-mecânica se comparado aos países avançados (3).

A tecnologia eletromecânica ditou diferenças bem nítidas no grau de automação dos diversos setores industriais. Analisando a questão, Belluzzo e Coutinho propõem uma distinção entre três tipos básicos de processos de trabalho: os processos contínuos, as linhas de montagem seriadas e as linhas de montagem e de processamento não-seriado (4).

Os processos de fluxo contínuo são aqueles referentes "(...) à produção de materiais com propriedades físicas e químicas bem definidas, porém, sem forma macrogeométrica determinada. Trata-se, pois, de materiais que, tanto em seu estágio inicial, como intermediário e final, apresentam

(3) Fajnzylber, F. - La Industrialización Trunca. Ed. Nueva Imagem, México, 1983, p. 31.

(4) Belluzzo, L.G.M. e Coutinho, L.G. - Reflexões sobre as Tendências de mudança nos Processos de Produção Industrial. IFCH/UNICAMP, 1983, mimeo, p. 6.

-se como líquidos, pós, grãos ou pedras" (5). Estes processos predominam na produção de insumos básicos e de bens de consumo não duráveis, tais como a indústria química, siderurgia, cimento, papel e celulose, alimentos, bebidas e têxtil. A combinação de altos volumes de produção com elevado grau de padronização e simplicidade geométrica dos produtos permitiu que a automação avançasse rapidamente, gerando processos automatizados de base mecânica onde a interferência do trabalho humano direto ficou limitada ao ajustamento e controle do fluxo produtivo, sem participação nas tarefas de fabricação.

É no caso das linhas seriadas e dos processos não seriados que a automação encontrou seus maiores obstáculos. São estes os processos produtivos manufatureiros, onde "(...) as tarefas de fabricação de peças, movimentação de materiais e de montagem são aspectos importantes do processo de fabricação" (6). Contrariamente aos processos contínuos, exigem-se peças com múltiplas formas geométricas (por vezes com grande precisão dimensional), sendo o processo governado pela produção, movimentação e montagem de peças isoladas, muitas caracterizadas por baixos volumes individuais de produção (7).

No caso das linhas de montagem em série (caso da indústria automobilística, produtos eletro-eletrônicos e al-

(5) Stemmer, C.E. - Panorama da Automatização Industrial no Brasil. Anais do 5º Seminário de Comando Numérico no Brasil - SOBRACON, São Paulo, 1985, p. 1.

(6) Silva, L.M.L.A. et alii - Identificação de áreas Prioritárias para uma Política de C & T para o Estado de São Paulo. Relatório Final - Convênio IE/UNICAMP, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1986, p. 43.

(7) Ver Stemmer, C.E. - op. cit., pp. 1-2.

guns bens de capital seriados), o processo produtivo incorporou uma série de equipamentos e máquinas automatizadas de base eletro-mecânica (linhas aéreas, linhas "transfer"), que permitiram que o fluxo produtivo tivesse sua velocidade determinada externamente ao trabalho humano direto. No entanto, a cadeia produtiva automatizada é interrompida em diversos pontos onde o operário é chamado a executar diversas tarefas parcelizadas e simplificadas (montagem, solda, pintura, testes) que constituem o "elo mais fraco" da cadeia produtiva e limitam a velocidade e eficiência da linha automatizada (8).

No caso dos processos de montagem e fabricação não seriados "(...)" a produção é quase que completamente realizada pela intervenção direta do trabalho, que, embora manejando máquinas operatrizes e outros instrumentos poderosos de transformação dos insumos detém, em última instância, o controle sobre o ritmo e qualidade do fluxo produtivo" (9). Os setores típicos seriam bens de capital sob encomenda, autopeças e componentes mecânicos, máquinas-ferramenta, bem como alguns ramos tradicionais: confecções e calçados, móveis e madeiras, setor cerâmico e materiais de construção (10).

Para os propósitos desta dissertação, cabe analisar mais detidamente os *processos produtivos manufatureiros mecânicos*, aqui entendidos como aqueles que envolvem as tarefas de fabricação, transporte, montagem, acabamento e testes de partes e componentes de origem metálica. Entende-se aqui

(8) Ver Belluzzo, L.G.M. e Coutinho, L.G. op. cit., p. 6.

(9) Idem, p. 7.

(10) Ver: SEI - Plano Nacional de Informática: Subsídios para os Planos Setoriais - Fev/1985, item 2.9., p. 1, mimeo.

que os processos mecânicos envolvem tanto grandes escalas produtivas (linhas seriadas) como a produção em pequena escala (processos não seriados), apresentando necessidades diversas para a automação.

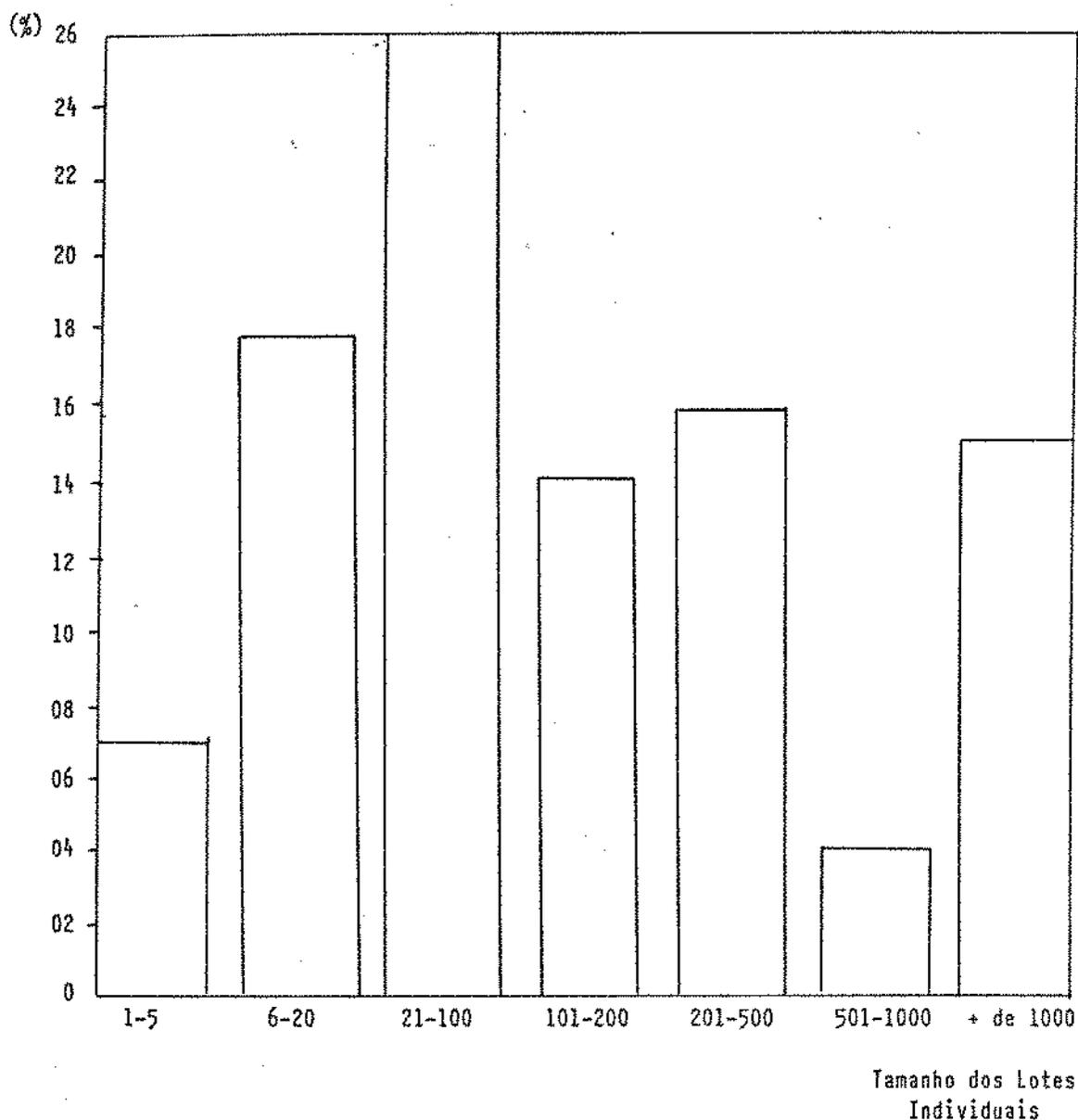
Na fabricação de *peças e componentes mecânicos*, um primeiro problema para a automação está na predominância de lotes de produção pequenos e médios, conforme pode ser visto no Gráfico 1.1. abaixo; no caso da indústria de "engineering" do Reino Unido, mais de 50% dos lotes produzidos limitam-se a 100 unidades, sendo que 1/4 representam lotes de até 20 unidades.

Adicionalmente, a complexidade das partes e peças exige, na maior parte dos casos, atividades de usinagem em máquinas-ferramenta diferentes, implicando no transporte e remontagem das peças em diversas máquinas.

Em decorrência, o tempo total de produção de uma peça eleva-se consideravelmente. Uma estimativa feita para a produção de um lote médio de 8 unidades indicava que a usinagem da peça representava tão somente 5% do tempo total de fabricação. Destes 5%, apenas cerca de 40% (2% do tempo total) representavam o tempo de ação da ferramenta sobre a peça (tempo de corte); os restantes 60% (3% do tempo total) corresponderiam aos tempos secundários, envolvendo a preparação da máquina, troca da ferramenta, ajuste da peça, acionamento e aproximação/afastamento da ferramenta. Os 95% restantes do tempo total de fabricação corresponderiam aos tempos de estocagem intermediária, espera e transporte, com forte impacto sobre as necessidades de capital de giro das empresas (11).

(11) Stemmer, C.E. - op. cit., pp. 3-6.

GRÁFICO 1.1.
 TAMANHO DOS LOTES NA INDÚSTRIA INGLESA DE
 "ENGINEERING" (*)



(*) envolve a produção de bens mecânicos (bens de capital e bens de consumo duráveis)

FONTE: Bessant, J. - Flexible Manufacturing Systems - An Overview. UNIDO - Microelectronics Monitor nº 12 (suplemento) dezembro 1984, p. 4.

No caso de produção de grandes lotes de peças (por exemplo, blocos de motores na indústria automobilística) foi possível o desenvolvimento da linha "transfer". Uma série de máquinas automáticas eram dispostas em cadeias ou círculos, com a peça sendo transportada automaticamente, sofrendo a ação de diversas ferramentas em uma seqüência pré-estabelecida, passando ainda por estágios de medição e controle de qualidade. Os limites da linha "transfer", entretanto, são dados pela sua inflexibilidade, uma vez que a adaptação para a produção de uma outra parte ou componente é extremamente cara e morosa, só sendo viável economicamente para a produção de lotes unitários elevados.

A produção de lotes pequenos e médios permaneceu, sob a base técnica eletromecânica, a cargo de máquinas-ferramentas universais, que possuem um alto grau de flexibilidade, mas que demandam tempos elevados de preparação e transporte das peças, ao lado da necessidade de operação por mão-de-obra qualificada.

Neste tipo de processo, os fluxos de informação e de materiais dentro da empresa tornam-se complexos e de difícil centralização. Não é de se estranhar, portanto, que seja exatamente neste tipo de processo de trabalho que se desenvolveram os métodos de "gerenciamento científico da produção", como o taylorismo e, posteriormente, o fordismo.

Tais métodos procuram, essencialmente, colocar o fluxo de informações (taylorismo) e o fluxo produtivo de materiais (fordismo) sob o controle da administração central da

empresa (12) .

A própria necessidade de se criar técnicas de gerenciamento científico da produção é, porém, a expressão dos limites colocados à automação manufatureira pela base técnica eletromecânica.

Como visto, no caso das linhas de montagem fordistas, o trabalhador humano realiza uma série de tarefas repetitivas e desqualificadas em um ritmo de produção que lhe é externamente determinado, mas sob o qual ele interfere em última instância, podendo levar ao desbalanceamento da linha ou causar refugos. A dificuldade em substituir o trabalho humano nestas tarefas residia na complexidade de se ter um equipamento que combinasse o sentido humano da visão com um estímulo para uma ação mecânica de um membro altamente flexível e maleável - o braço humano.

No caso dos processos produtivos não seriados, a automação eletromecânica esbarrou em limites mais poderosos, associados à maior complexidade das tarefas (precisão, perfis geométricos complexos) e a lotes reduzidos e diversificados, impossíveis de serem superados pela automação rígida, quer tecnicamente, quer economicamente (escala de inversão vis-à-vis tamanho mínimo dos lotes).

Os limites à automação da manufatura têm, portanto, conseqüências significativas sobre a estrutura de capital e competitividade das firmas:

- *Altos volumes de inversão em capital fixo, com*

(12) Ver: Moraes Neto, B.R. - Marx, Taylor, Ford - Uma discussão sobre as forças produtivas capitalistas - Tese de Doutorado - IE/UNICAMP, Campinas - SP, 1984, cap. 1.

um ritmo lento de depreciação - com exceção das linhas "transfer" (limitadas a altos volumes de produção), a automação eletromecânica implica em inversões em diversas MF que são utilizadas esporadicamente, em função dos baixos volumes produtivos. Longe de se constituírem em "máquinas de produção", à semelhança dos processos de fluxo contínuo, as MF universais assemelham-se a um conjunto de ferramentas de uma oficina mecânica, chamadas a interferir no processo de trabalho somente quando as características de uma tarefa específica assim o exigirem. Dadas as variações de demanda e/ou das especificações dos produtos, elas podem permanecer ociosas por longos períodos (13). Combinam-se, assim, dois elementos desfavoráveis: a necessidade de investimento em máquinas, que, em última instância, representarão uma capacidade ociosa não eliminável com o aumento da produção e o conseqüente tempo elevado de depreciação, alongando o período de retorno do investimento e desestimulando a inversão para a modernização tecnológica.

- Volumes elevados de matérias-primas e estoques intermediários, exigindo altos volumes de capital de giro - a impossibilidade de coordenação dos fluxos de informação e de materiais, bem como a necessidade de uma peça passar por diversos estágios de fabricação e montagem, tem como contrapartida a formação de elevados estoques intermediários e de matérias-primas. Estes estoques, tem, ainda, um caráter estraté-

(13) Em uma visita à ferramentaria de uma das montadoras de automóveis brasileiras, constatou-se que menos da metade das MF estavam em operação, apesar desta indústria estar, no período recente (1986), próxima da plena utilização da capacidade.

gico, já que são a única forma da empresa atender rapidamente às variações imprevistas da demanda, dado que os tempos elevados de reprogramação do processo produtivo impõem um custo considerável, ao provocarem a interrupção do fluxo de produção. No caso das linhas de montagem seriadas, estes fatores são minorados, mas persistem os problemas referentes ao desbalanceamento da linha e à inflexibilidade da automação eletromecânica, implicando na necessidade de estoques intermediários e finais. Nestes casos, as empresas efetivamente investem somas elevadas em capital de giro, que, ao permanentemente "ficarem" no processo produtivo, representam um investimento tão "rígido" como o feito em capital fixo.

- *Dependência do Trabalho Humano Direto* - o problema não se limita aos altos salários e custos de treinamento da mão-de-obra qualificada. A intervenção do trabalhador direto representa o "elo mais fraco" da cadeia produtiva, que pode causar interrupções ou desbalanceamentos na linha de produção; e nos processos não seriados, impede-se o avanço das técnicas de gerenciamento científico da produção, acarretando a necessidade de estoques intermediários e problematizando o controle de qualidade.

- *Baixa Qualidade/Competitividade* - a dificuldade de se ter uma cadeia produtiva totalmente automatizada faz com que o controle de qualidade só possa ser feito (com a exceção das linhas "transfer") após a produção da peça, gerando altos índices de refugos. Ainda, em função da rigidez da automação eletromecânica para grandes lotes, eleva-se o tempo de introdução de novas linhas de produtos, dificultando as estratégias competitivas via diferenciação de produtos (pro-

longando-se o tempo de depreciação do capital.

Os problemas acima listados, que, em síntese, derivam do caráter *rígido* da automação eletromecânica, vão ser passíveis de superação com a geração dos EAM, que criam a trajetória tecnológica da automação *flexível*.

1.3. O Paradigma Microeletrônico e os Equipamentos de Automação da Manufatura

A possibilidade de avançar significativamente na automação dos processos manufatureiros viabilizou-se por meio da introdução de controles eletrônicos em uma série de bens de capital mecânicos.

Neste item, faz-se um breve histórico da evolução da tecnologia eletrônica, com destaque para o advento do paradigma microeletrônico. Define-se, em seguida, os três equipamentos estudados - MFCN, robôs industriais e sistemas de CAD - bem como o tipo de inserção nos processos produtivos manufatureiros e os benefícios decorrentes.

1.3.1. A Tecnologia do Estado Sólido e a Revolução Microeletrônica

A eletrônica representa o "conjunto de técnicas que utilizam variações de dimensões elétricas (campos eletro-

-magnéticos ou cargas elétricas) para captar e transmitir a informação" (14).

O nascimento da indústria eletrônica remonta ao início deste século com a invenção do rádio por Marconi. Posteriormente, nos anos trinta e quarenta, esta indústria passou por importantes inovações de produtos, com o advento da televisão, do radar e do computador eletrônico (15).

As tarefas de amplificação, retificação e modulação dos sinais elétricos eram realizadas, nos primórdios desta indústria, pelas válvulas (ou tubos eletrônicos), desenvolvidas em 1906. Apesar de uma série de aperfeiçoamentos efetuados ao longo das décadas iniciais do século, as válvulas apresentavam uma série de limitações: alto consumo de energia e desperdício de calor, elevado índice de quebras, vida útil limitada e dificuldades de miniaturização (16).

O avanço da indústria eletrônica ganha novo impulso, na segunda metade dos anos 40, com a invenção do transistor, com base nos materiais semicondutores. A tecnologia de semicondutores (um ramo da indústria eletrônica) consiste na produção de componentes eletrônicos utilizando os materiais semicondutores, sendo o silício o mais usual. Os materiais semicondutores têm a propriedade de atuar tanto como

(14) Relatório Farnoux - Ministère de la Recherche et de la Technologie - Extraits du Rapport de Synthèse de la Mission Filière Electronique - Paris, 1982, citado em Erber, F.S. - O "Complexo Eletrônico" - Estrutura, Evolução Histórica e Padrão de Competição - ANPEC/PNPE RJ, 1983, p. 13.

(15) Ver, para um histórico mais detalhado, Freeman, C. et alii - Unemployment and Technical Innovation - Frances Pinter - London, 1982, cap. 6.

(16) Ver Dosi, G. - op. cit., pp. 22-27.

condutores como isolantes. Associando-se estes dois estados a um valor de uma variável binária (um ou zero, de acordo com a passagem ou não de corrente elétrica), permite-se a obtenção da linguagem digital, por meio da qual é possível manipular, armazenar e transmitir informações (17).

Conquanto as propriedades dos materiais semicondutores fossem conhecidas desde o século XIX, não existiam explicações teóricas consistentes. Isto só foi possível com o advento da física quântica e, principalmente, com os desenvolvimentos da física do estado sólido. O papel do desenvolvimento científico foi crucial para a evolução da tecnologia do estado sólido, como ressalta Dosi: "*Pelo menos os dez primeiros anos da história da indústria de semicondutores são caracterizados por uma inter-relação crucial entre 'ciência' e 'tecnologia'. No entanto, desde os anos sessenta, a distância entre os dois aumentou. A tecnologia básica de semicondutores estabeleceu-se e sua trajetória de desenvolvimento não mais exigia um 'casamento' direto com a 'grande ciência'*" (18).

As vantagens da tecnologia de semicondutores em relação às válvulas consistiam no menor consumo e desperdício de energia, maior duração e, principalmente, as amplas possibilidades de miniaturização.

Em 1961, foi desenvolvido o primeiro *circuito integrado*, que contém mais de um componente (por exemplo, vá-

(17) *Idem*, p. 22. Ver também Silva, A.L.G. - A Indústria de Componentes Eletrônicos Semicondutores: Padrão de Concorrência Internacional e Inserção do Brasil - Tese de Mestrado, UNICAMP/Instituto de Economia, 1985.

(18) Dosi, G. - op. cit., p. 28.

rios transistores) em uma única pastilha ou "chip"; em 1971, ocorre um passo decisivo no processo de integração, com o surgimento do microprocessador, um circuito integrado que incorpora, em um único "chip", todas as funções lógicas de um computador completo.

Um microprocessador, somado a um dispositivo de entrada e saída e a "chips" de memória (19), forma a base do microcomputador, permitindo uma drástica redução na relação custo/performance do processamento de informações se comparado aos computadores à válvula (20).

O aumento do número de componentes no circuito integrado atingiu, após 1975, o estágio VLSI ("very high scale integration") envolvendo um milhão de componentes (21).

É neste sentido que os avanços da tecnologia de semicondutores passam a ser retratados como um *novo paradigma tecnológico*: "pode-se ver o 'paradigma da microeletrônica' co

(19) As memórias tem dois tipos básicos: a memória ROM ("Read Only Memory"), onde as informações são gravadas no "chip" durante a fabricação, não podendo ser modificadas; e a memória RAM ("Random Access Memory") quando cada informação pode ser armazenada e apagada da memória. Ver Dosi, E. - op. cit., p. 23.

(20) O computador IBM-650 produzido em 1955, era composto de 2.000 válvulas, pesando cerca de 2,5 toneladas (mais o ar condicionado de 5 a 10 toneladas), com um gasto de energia de 17,7 KVA, a um custo de US\$ 200 mil (valor corrente). Em contraste, uma calculadora de bolso Texas Instruments TI-59 (1978), capaz de efetuar praticamente as mesmas operações (e com maior rapidez - 4,0 milisegundos para a multiplicação contra 20,0 do computador IBM) era composta de um circuito integrado equivalente a 166 mil transistores, pesando cerca de 300g, consumindo 0,00018 KVA, a um preço de US\$ 300 (valor corrente). Ver: UNCTAD - Problems and Issues Concerning the Transfer, Application and Development of Technology in the Capital Goods and Industrial Machinery Sector - Study by The Secretary General - Genebra, 1982, p. 2.

(21) Freeman, C. et alii - op. cit., p. 112.

mo a busca de solução dos problemas de captação, tratamento, transmissão e recepção da informação, baseado na física do estado sólido e utilizando como principal componente material os circuitos integrados" (22).

A disseminação dos microprocessadores em uma série de produtos da indústria de transformação é facilitada pela criação de uma linguagem universal, a partir da lógica digital. Uma série de indústrias passam a ter uma unidade técnica, permitindo a interligação direta de equipamentos diversos. Cria-se, assim, um processo de convergência tecnológica que afeta as estratégias das empresas fabricantes. Elas procurarão diversificar sua linha de produtos dentro da mesma base técnica e, ao mesmo tempo, integrarem-se verticalmente, produzindo os componentes eletrônicos semicondutores (23).

Este processo de convergência tecnológica levou Erber a retratar as indústrias envolvidas como formando o "complexo eletrônico", constituído pelos segmentos da informática, automação de escritórios, telecomunicações e telemática, automatismos e robótica, eletrônica médica, instrumentação técnica e científica, eletrônica de massa e serviços. A delimitação do "complexo eletrônico" é extremamente importante para a orientação das políticas industrial e tecnológica, as quais devem levar em conta o processo de convergência tecnológica que tende a embaçar as fronteiras entre os segmentos que o compõem (24).

(22) Erber, F.S. - "Paradigma ..." - op. cit., p. 714.

(23) Idem, p. 715.

(24) Erber, F.S. - "O 'Complexo ...'", p. 5.

Os equipamentos de automação da manufatura representam, desta forma, um dos segmentos do complexo eletrônico. Como veremos a seguir, as diversas gerações de circuitos integrados condicionaram fortemente o desenvolvimento destes equipamentos.

No entanto, é necessário ressaltar que, no caso destes equipamentos, as questões tecnológicas oriundas da indústria mecânica continuam a ser relevantes, criando um processo de convergência entre as técnicas mecânica e eletrônica, direcionando fortemente o desenvolvimento da trajetória tecnológica. O estudo dos EAM constitui-se num exemplo de transbordamento do paradigma microeletrônico, que revoluciona um setor já existente.

1.3.2. Os Equipamentos de Automação da Manufatura

1.3.2.1. A Indústria de Máquinas-Ferramenta e o Comando Numérico

As origens da indústria de máquinas-ferramenta (MF) remontam ao final do século XVIII, com a Revolução Industrial. Até 1850, a liderança mundial foi exercida pela indústria inglesa, com a demanda voltada para a produção de máquinas a vapor e material ferroviário. Na segunda metade do século XIX, os avanços tecnológicos passam a concentrar-se nos EUA, com a produção de MF mais aptas à produção em massa.

A hegemonia americana é consolidada na primeira metade do século XX, estreitamente ligada às necessidades da indústria automobilística.

A partir da década de 50, a liderança americana passa a ser crescentemente ameaçada pela emergência das indústrias alemã e japonesa. A Alemanha passa à condição de maior exportador mundial, com forte tradição no segmento de máquinas especiais (ver explicação a seguir). O Japão, que também passa a exportar agressivamente, ganha grande destaque a partir dos anos 70, com a liderança na produção de máquinas-ferramenta com comando numérico (MFCN) (25).

O Comando Numérico (CN) "é um equipamento eletrônico que, provido de um programa, produz impulsos mecânicos, comandando operações de uma máquina-ferramenta. O programa em questão contém todas as informações que compõem o projeto de engenharia de uma peça, bem como as informações sobre o tipo de ferramenta a ser utilizado e sua trajetória (localização, velocidade etc)" (26).

A tecnologia do CN foi desenvolvida no início dos anos cinquenta nos EUA, a partir da iniciativa (e financiamento) da Força Aérea deste país, que necessitava de equipamentos mais flexíveis e de maior precisão para a fabricação de aviões sofisticados; o CN surgiu a partir da idéia de utilizar o computador para determinar de forma precisa o posicio-

(25) Este breve histórico é baseado em Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., cap. 2, livro a ser consultado para maiores detalhes.

(26) Almeida, L.T. - Os Impactos da Incorporação de Máquinas-Ferramenta com Controle Numérico numa Empresa da Indústria Mecânica do Brasil. Relatório Final para a FAPESP. Campinas, Instituto de Economia/UNICAMP, maio 1985, p. 1.

namento da ferramenta (27).

Desde as suas origens, na década de cinquenta, a tecnologia de CN vem incorporando diversas inovações, tanto na área eletrônica, quanto na mecânica. As inovações na área eletrônica têm acompanhado o ritmo do progresso técnico nas indústrias de componentes microeletrônicos e de computadores, como pode ser visto no Quadro 1.1. abaixo.

QUADRO 1.1

PROGRESSO TÉCNICO DO COMANDO NUMÉRICO

Geração CN	Ano	Tecnologia
1ª	1954	- válvula, relês, computador analógico
2ª	1959	- transistor, diodo, circuito digital
3ª	1965	- circuito integrado, circuito digital
4ª	1970	- CN "soft-wired", circuitos integrados em média escala (MSI) e em grande escala (LSI), mini-computador.
5ª	1974	- CN "soft-wired", microprocessador em um só "chip"
6ª	1980	- memórias tipo bolha de grande capacidade, circuitos VLSI, incorporação de visores de tubos de raios catódicos (CRT)
7ª	1981	- inovação no método de entrada de informações (informações orais) e simplificação da programação

FONTE: Watanabe, S. - Market Structure, Industrial Organization and Technological Development: The Case of the Japanese Electronics - Based NC - Machine Tool Industry. International Labour Organisation - Working Paper - Genebra, 1983, p. 6.

Até a terceira geração, a difusão da MFCN foi limitada à demanda militar ou de grandes empresas, já que o custo dos computadores de grande porte era proibitivo (conforme visto na seção anterior). Com o advento do minicomputador, torna-se possível mudar a programação da MFCN por meio de modificações no "software" (CN "soft-wired"), o que era impossível nas gerações anteriores, uma vez que a conexão de componentes discretos por fios atrelava alternativas de programação ao próprio hardware (CN "hard-wired").

Com o advento do CN microprocessado, a partir de 1974, vai intensificar-se a demanda de MFCN por parte de empresas pequenas e médias. Estima-se que o preço da unidade de CN reduziu-se em cerca de 2/3 com o emprego do microprocessador. Enquanto o CN era feito de transistores e diodos, exigia cerca de 300 placas de circuito impresso (placa onde são soldados e interconectados os circuitos eletrônicos); com o circuito integrado (3ª geração), este número cai para 40, chegando a 5 com os circuitos MSI, alcançando finalmente uma única placa com os circuitos VLSI. A redução no número de componentes permitiu uma melhora no controle de qualidade, tornando o equipamento mais confiável.

Adicionalmente, o CN microprocessado viabilizou sua aplicação a tipos diversos de MF, a custos baixos. Sua maior padronização e simplificação permitiram a obtenção de economias de escala pelos fabricantes (28). Como resultado, reduziu-se significativamente a relação de preços entre a

(28) Watanabe, S. - op. cit., pp. 5-6.

MFCN e a MF convencional (29), intensificando a tendência de substituição desta por aquela.

Na 7ª geração, os maiores desenvolvimentos ficam por conta do software, com a programação manual (pelo operador) e o sistema interativo (conversacional) de programação.

O progresso tecnológico das MFCN não se restringe às inovações da indústria eletrônica. A parte mecânica da MFCN é adaptada com melhora de qualidade das ferramentas, controle de velocidade eletrônico e redução do número de partes e componentes (30 a 40%) (30).

É importante delimitar os segmentos da indústria de MF onde a introdução do CN se deu mais intensamente (31). Uma primeira divisão é feita entre as MF que trabalham o metal removendo partes não utilizáveis, denominadas MF de corte (ou de arranque de cavaco), envolvendo tornos, fresadeiras, mandrilhadeiras, furadeiras e outras, de um lado, e as MF de conformação de metais (prensas, guilhotinas). Estas últimas respondiam por 22% da produção mundial de MF em 1982, com os 78% restantes ficando por conta das MF de corte.

As MF de conformação trabalham apenas com mudanças de forma de chapas metálicas. Tanto por não executar perfis geométricos complexos, como por freqüentemente envolver elevados volumes de produção (caso das prensas estampadeiras usadas na indústria automobilística), este segmento sofreu

(29) No caso de tornos, a dita relação cai de 8,5 para 2,5, entre 1974 e 1980. Ver UNCTAD - op. cit., p. 10.

(30) Watanabe, S., op. cit., p. 28.

(31) A descrição que se segue dos diversos segmentos da indústria de MF é baseada em Sciberras, E. e Payne, B.D. op. cit., pp. 19-23.

uma introdução pequena do CN (ver Tabela 2.3. a seguir).

O segmento de MF de corte é onde os impactos deram-se mais intensamente, embora de forma diferenciada. Este segmento é composto por dois grandes grupos: as MF de uso geral e as de uso especial, estas representando cerca de 40% da produção mundial de MF de corte, com 60% para as primeiras.

As MF de uso geral subdividem-se em MF de produção, para lotes entre 10 a 1000 unidades, usadas em processos seriados e as MF universais, para lotes menores, em geral de até 10 unidades. O emprego do CN nas MF de produção permite obter as linhas "transfer" flexíveis e as células manufatureiras flexíveis (ver item 1.4. a seguir). No caso das MF universais, o uso do CN permite uma grande redução nos tempos secundários ao facilitar a reprogramação da MF, conforme pode ser visto no quadro 1.2. a seguir.

O uso do CN permitiu, ainda, concentrar em uma única MF - o centro de usinagem - várias operações de corte (fresamento, furação, madrilhamento) por meio da troca automática da ferramenta. Nos limites da MFCN operando isoladamente, a tarefa do operador limita-se à carga e descarga da peça e à supervisão do processo.

As MF de uso especial são máquinas dedicadas, em geral produzidas sob encomenda, que são empregadas na produção de peças específicas ou de famílias de peças reduzidas. Envolvem MF de produção em massa (linhas "transfer"), MF de precisão (para peças com tolerâncias reduzidas), de perfis complexos e de peças muito grandes (indústria aeronáutica, por exemplo) ou muito pequenas (indústria de relógios). A combinação entre as necessidades específicas dos usuários de MF

especiais e a produção sob encomenda, dificulta a difusão do CN neste segmento, já que problematiza a obtenção de linhas padronizadas, encarecendo o produto final. A produção de MFCN especiais, tem, desta forma, uma grande dependência da demanda de setores usuários sofisticados, como as indústrias militares e aeroespaciais.

QUADRO 1.2.

GRAU DE AUTOMAÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE MF

Operação	MF Manual	MF Semi-Automática	MFCN	Centro de Usinagem	FMS
Transporte	M	M	M	M	A
Carga	M	M	M	M	A
Posicionamento da peça	M	M	A	A	A
Movimento de corte	A	A	A	A	A
Movimento de aproximação	M	A	A	A	A
Seleção da ferramenta	M	M	M	A	A
Descarga	M	M	M	M	A

M = Manual

A = Automático

FONTE: Camagni, R. - Op. cit., p. 5.

Os benefícios da MFCN são sumariados por Camagni (32):

- redução dos custos de trabalho (um operador controla várias MFCN)

- redução no custo de capital por produto (um au-

(32) Camagni, R. - op. cit., p. 5.

mento do custo total da máquina de 30 a 50% permite a substituição de 4 a 5 MF convencionais)

- melhor qualidade e precisão
- melhor controle de qualidade e flexibilidade do processo produtivo
- redução de refugos
- redução do espaço de fábrica exigido
- uso de ferramentas de alta qualidade e de servo-motores de rápida aceleração/desaceleração, viabilizados pelo movimento automático da máquina.

Com essas vantagens, o emprego de MFCN isoladas atua no sentido de reduzir as necessidades de estoques estratégicos e flexibilizar o aparato produtivo. Cabe ressaltar, porém, que o emprego desta tecnologia exige grandes inversões para as atividades de suporte, como a programação e manutenção. No caso da primeira, além da necessidade de mão-de-obra altamente qualificada (exigindo conhecimentos de programação, mecânica e eletrônica) a sofisticação do software pode exigir uma série de equipamentos adicionais (computadores de médio ou grande porte, "plotters", terminais gráficos). Desta forma, a escala mínima de inversão pode elevar-se em relação ao emprego de MF convencionais.

O emprego da MFCN isolada não resolve, ainda, todos os problemas relativos aos fluxos de materiais e de informações intra-firma, que exigem a sua integração com outros equipamentos, como veremos oportunamente.

1.3.2.2. Robôs Industriais

Segundo a Robotics Industries Association (RIA) dos EUA, um robô é um manipulador *reprogramável* multifuncional projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos programados variáveis, a fim de desempenhar uma variedade de tarefas. Nesta definição, o atributo da flexibilidade do robô é essencial, distinguindo-o de uma simples máquina automática, de difícil reprogramação (33).

Já na definição japonesa, o robô industrial é uma máquina multifuncional equipada com memória e um aparelho terminal (para segurar coisas), capaz de substituir o trabalho humano através de movimentos *automáticos*. De acordo com esta definição, que exclui o atributo da flexibilidade, existiriam seis categorias de robôs, de acordo com o método de programação.

1. Manipulador Manual - controlado diretamente pelo operador;

2. Robô de Seqüência Fixa - segue passos sucessivos de uma operação, não podendo ser facilmente reprogramado;

3. Robô de seqüência variável - opera passos sucessivos de uma operação, podendo ser facilmente reprogramado;

(33) Taule, J.R. - O Desenvolvimento Internacional da Robótica: Dados e Reflexões - Texto para Discussão nº 78 - IEI/UFRJ, Agosto 1985, p. 2.

4. Robô repetidor ("playback") - robô que registra em memória e repete operações originalmente executadas sob controle humano;

5. Robô com CN - robô programável por meio de uma unidade de comando numérico;

6. Robô inteligente - robô com percepção sensorial (visão e/ou tato) e que detecta por si só alterações no ambiente de trabalho.

De acordo com a definição americana, só os tipos de 3 a 6 são considerados robôs; ainda, considera-se robôs sofisticados apenas os tipos de 4 a 6 (34).

A diferença de definições entre EUA e Japão é responsável pela não comparabilidade entre o número de robôs nos EUA e Japão, superestimando o parque instalado neste último país.

O robô industrial consiste em uma "mão" ou garra ("gripper") ligada a um "braço" comandado por uma unidade de controle central e movimentado por acionamento hidráulico, elétrico ou a ar comprimido. Esta última é a forma de acionamento mais barata, mas não suporta cargas pesadas, ocorrendo o oposto no caso do motor elétrico. O acionamento hidráulico é o mais comum, mas tem problemas de precisão de correntes do efeito das mudanças de temperatura sobre os fluidos.

Há quatro tipos de configuração do braço: Carter-

(34) Hunt, V.D. - Industrial Robotics Handbook - Technology Research Corporation, New York, 1983, p. 290; Tansle, J.R. - op. cit., pp. 4-5.

siano, cilíndrico, polar (ou esférico) e articulado, em ordem crescente de flexibilidade e complexidade da programação. No caso das três primeiras configurações, os movimentos do robô são limitados em torno de três ou quatro eixos. O braço articulado possui um maior número de eixos (normalmente seis) permitindo movimentos complexos em analogia às torções efetuadas pelo operador humano (envolvendo a cintura, tronco, ombros, cotovelo, mão, dedos).

Os robôs industriais são classificados, adicionalmente, de acordo com suas características funcionais, em oito tipos:

1. Solda ponto a ponto - solda em alta corrente por meio de eletrodos;
2. Solda contínua (ou em arco) - solda com uso de eletrodo consumível ou não, em presença de gás inerte;
3. Tratamento de superfícies - pintura ou aplicação de resinas com "Spray";
4. Montagem - montagem de peças por meio de encaixe ou parafusos;
5. Manipulação de Materiais - transporte, tratamento térmico (fundição, forjaria) e manipulação de materiais em geral;
6. Trabalho em metais - robôs que atuam na remoção de metais, semelhantemente a tornos, fresas etc.;
7. Carga e descarga de máquinas - robô que fornece e retira material de máquinas-ferramenta;
8. Teste e inspeção/outros - robô que efetua con-

trole de posicionamento e de tolerâncias. Outros robôs podem existir combinando mais de uma das funções mencionadas (35)

O maior campo de aplicação dos robôs industriais está nos processos do tipo linha de montagem, onde a parcelização e simplificação das tarefas reduziu o trabalhador a um braço que responde a estímulos visuais. A flexibilidade e reprogramabilidade do robô industrial permitem efetuar uma série de operações simples como solda, pintura e manuseio de materiais. Muitas dessas operações podem ser feitas sem sensores de visão ou tato, por meio do robô do tipo "playback", que armazena na memória um conjunto de movimentos e operações geometricamente definidos no espaço pela ação de um trabalhador humano. *"O computador (e a microeletrônica) oferecem, assim, com facilidade, os meios para a 'expropriação' extensiva e ampla da 'habilidade' operária que já fora, anteriormente, simplificada pela revolução 'fordista'"* (36). A introdução do robô ao longo da linha de montagem fordista faz com que ela se aproxime de um processo de fluxo contínuo.

Uma outra aplicação importante do robô industrial (embora ainda de difusão incipiente) é o seu uso para alimentar e descarregar MF, criando os sistemas flexíveis de manufatura, permitindo a automação completa da produção de pequenos e médios lotes, ponto a ser retomado no item subsequente.

(35) USITC - Competitive Position of U.S. Producers of Robotics in Domestic and World Markets - United States International Trade Commission - Publication nº 1475, 1983, pp. 1-2.

(36) Belluzzo, L.G.M. e Coutinho, L.G. - op. cit., p. 9.

1.3.2.3. Sistemas de CAD

O CAD ("Computer Aided Design" - Projeto com Auxílio do Computador) é um equipamento gráfico interativo que manipula imagens. É aplicado para gerar desenhos técnicos ou uma imagem de um produto em fase de projeto, propiciando descrições matemáticas. É capaz de desenhar ou modelar objetos em duas ou três dimensões a partir de desenhos armazenados na memória.

Esse equipamento envolve a produção de desenhos técnicos em um monitor de vídeo, onde os desenhos são feitos e modificados antes de serem impressos. Isso exige que o computador controle a tela em tempo real, de tal forma que as instruções de comando feitas pelo operador sejam imediatamente obedecidas pela máquina, o que permite a interação desta com aquele (37).

O CAD não constitui-se, assim, em um equipamento de produção e sim de projeto. Ele ocupa, no entanto, um papel estratégico no processo de automação computadorizada da manufatura, ao ser utilizado para gerar as especificações para a programação da MFCN. Ademais, como será visto em maior detalhe na seção 1.4.2. a seguir, a fase do projeto do produto é crucial para que a indústria usuária de EAM aproprie-se integralmente dos ganhos de produtividade e de flexibilidade gerados por estes equipamentos.

(37) Arnold, E. - Computer Aided Design in Europe. Sussex European Research Centre - University of Sussex - Paper nº 14, 1984, p. 1.

A configuração básica de um equipamento de CAD envolve um computador (cujo porte dependerá da complexidade do software exigido) uma tela de TV, memórias, instrumentos para desenho e mesas digitalizadoras; o hardware (HRW) é produzido, portanto, com alterações apenas marginais em relação aos produtos das indústrias de computadores e periféricos.

A complexidade tecnológica deste equipamento está no software (SPW), abrangendo dois tipos: o software gráfico básico, em duas dimensões, que permite manipular linhas e arcos, usado para aumentar a produtividade nas tarefas de desenho; e os programas aplicativos, em duas ou três dimensões, que usam limitadamente a inteligência, comparando e checando a consistência dos diversos desenhos, permitindo testes e simulações com o objetivo de gerar modelos ou protótipos (38).

As primeiras iniciativas na área de tecnologia gráfica interativa surgem nos EUA ao final dos anos 50, por iniciativa da Força Aérea Americana (USAF), em associação com o Massachusetts Institute of Technology (MIT). Buscava-se o uso do computador para capturar a geometria de partes e peças na fase de projeto, com o intuito de facilitar a programação em comando numérico, equipamento recentemente inventado pelas mesmas instituições. Em 1963, surgem no MIT dois trabalhos pioneiros na área, mostrando a viabilidade do CAD gráfico interativo em duas e três dimensões.

Durante os anos 60, a USAF e a Associação das In-

(38) Kaplinsky, R. - "Computer Aided Design - Electronics and the Technological Gap Between DCs and LDCs" in Technological Trends and Challenges in Electronics - S. Jacobson e J. Sigurdson (orgs.) - Research Policy Institute - University of Lund, Suécia, p. 104; Arnold, E. - op. cit., p. 4.

dústrias Aeroespaciais eram a maior fonte de financiamento para CAD, com o objetivo de auxiliar a programação de MFCN. Nesta época, a IBM, Mc Donnell e Boeing passaram a experimentar o CAD em "mainframes" (grandes computadores) e a desenvolver software aplicativo. Ao mesmo tempo, dois grandes setores industriais passaram a ter interesse no uso de CAD: a indústria automobilística (principalmente nos EUA), na obtenção de formas precisas para estamperia; e a indústria de microeletrônica (ao final dos anos 60) que passou a necessitar do CAD para projetar a nova geração de circuitos LSI e VLSI ("Large Scale" e "Very Large Scale Integration") que, por serem muito complexos, passaram a exigir o auxílio do computador na fase de projeto (39).

Nesta época, a difusão do CAD era bastante limitada pelo seu custo extremamente elevado. Uma configuração básica com apenas um terminal, envolvendo um "mainframe" e uma tela de tubo de raios catódicos (CRT) custava cerca de um milhão de dólares: ainda, o SFW era integralmente desenvolvido pelos usuários (40).

Por volta de 1970, quatro inovações cruciais surgem para a indústria de CAD: minicomputadores de segunda geração, mais baratos; um tipo de tubo de raios catódicos mais eficiente e que requeria menos energia (o "storage tub", produzido pela Tektronix); a programação estruturada; e a memória virtual. Os minicomputadores reduziram drasticamente o custo de processamento; as inovações de software permitiram que o uso do CAD no minicomputador fosse equivalente ao

(39) Arnold, E. - op. cit., pp. 1-2.

(40) Idem, p. 2.

"mainframe" e ampliou o desenvolvimento de aplicativos. Isso permitiu o lançamento de equipamentos de CAD padronizados que incluíam tanto o HRW como o SFW (os "turnkeys") numa faixa de preço de centenas de milhares de dólares para um sistema multiterminal. A venda de equipamentos com o SFW incluído potenciou a difusão do CAD para usuários que não teriam capital ou "know-how" para desenvolver seus próprios aplicativos. Os aplicativos desenvolvidos abrangiam a indústria aeroespacial, automobilística e microeletrônica e, posteriormente, placas de circuitos impressos (PCB) e cartografia (41).

Ao longo dos anos 70, os vendedores de "turnkeys" baseavam seus produtos em minicomputadores de 16-bits. Ao final da década o lançamento dos superminicomputadores (32 bits) provoca nova queda no custo de processamento e torna-se adequado às exigências de maior complexidade do SFW para projeto em CAD (42).

O uso do CAD traz três tipos de vantagens aos usuários: na atividade de desenho, de projeto e na integração da manufatura.

Na atividade de desenho, o uso do CAD aumenta a produtividade pelo uso da memória para armazenar desenhos que podem ser rapidamente alterados e reescaloados. O uso do CAD permite também menos erros nos desenhos, permitindo

(41) Idem, pp. 3-4.

(42) Idem, p. 4.

menor tempo de revisão (43).

Utilizado na fase do projeto, os sistemas de CAD apresentam vantagens adicionais. A possibilidade de efetuar rapidamente transformações geométricas possibilita ao projetista não mais se limitar à visão frontal, lateral e de topo da peça, característica dos desenhos manuais. É possível observar a rotação da peça ao longo de um eixo, bem como obter visões parciais via "zoom" ou "cross-section". Se se trata de diversas partes a serem montadas, elas podem ser movidas ao longo da tela para testar os encaixes. É possível também simular as deformações sofridas pela peça sob o impacto de forças atuando em diversos pontos. Em função de tais vantagens, reduz-se drasticamente a necessidade de modelos ou protótipos, permitindo passar diretamente do projeto à manufatura (44).

Em alguns produtos, como circuitos integrados complexos (VSLI), usinas nucleares, aviões e radares, o uso do CAD é essencial, não podendo ser projetados sem ele, sob pena de gerar um produto de má qualidade ou não competitivo. O CAD também é essencial em indústrias onde o projeto representa parte considerável do preço do produto, como no caso de bens de capital sob encomenda - o projeto feito em CAD é fundamental para determinar o custo de matéria-prima e posterior

(43) Em estudo feito junto a empresas usuárias de CAD nos EUA e Reino Unido, constatou-se ganhos de produtividade acima de 3:1, em média; em alguns desenhos (modificados a partir da memória) os ganhos chegaram a 100:1. Ver: Kaplinsky, R. - op. cit., p. 107.

(44) Gunn, T. - "The Mechanization of Design and Manufacturing" - Scientific American - nº especial sobre Automação, vol. 247 nº 3, setembro 1982, pp. 119-121.

mente, o custo da assistência técnica. Além das vantagens de custo, o uso do CAD, ao acelerar a atividade de projeto, pode ser fundamental para uma empresa se há rapidez no pedido do cliente.

O CAD representa ainda um passo essencial para a integração das "ilhas de automação" dentro da firma. De um lado, é possível gerar, já na fase do projeto, listas de matérias-primas e componentes, permitindo estimativas de custo; de outro, o CAD gera informações digitais para programação em CN. O CAD, assim, é um elo fundamental para a integração administração - projeto - manufatura (45).

1.4. A Automação por Integração e a Automação Flexível

A exposição do item anterior procurou enfatizar como o paradigma microeletrônico permitiu resolver a limitação básica que envolvia a automação na base técnica eletromecânica - a inflexibilidade.

Criou-se um campo de convergência entre a eletrônica e a mecânica - a mecatrônica (46). O desenvolvimento dos componentes condicionou as diversas gerações dos equipamentos, com impactos sobre as estratégias das empresas fabricantes, bem como sobre o perfil dos segmentos usuários.

(45) Arnold, E. - op. cit., p. 7.

(46) Ver, a esse respeito: Kodama, F. - "Japanese Innovation in Mechatronics Technology" - Science and Public Policy - vol. 13 n^o 1, fevereiro 1986, pp. 44-51.

Não obstante, os problemas oriundos da base técnica mecânica persistem, na estrutura do equipamento e, principalmente, na complexidade do software exigido.

A difusão comercial dos EAM só iniciou-se em larga escala no momento em que viabilizou-se a produção de equipamentos padronizados, atendendo-se as especificidades dos usuários por meio do software.

Possibilitou-se, desta forma, a introdução de "ilhas de automação" dentro das empresas usuárias, em geral em convivência com equipamentos da base técnica anterior. Paralelamente, acentuou-se o emprego de computadores na área administrativa das empresas, sem conexão com a automação dos processos produtivos.

A formação de "ilhas de automação" representa a obtenção de benefícios limitados quanto a centralização dos fluxos de informações e de materiais intra-firma, já que tais "ilhas" não se comunicam e em geral coabitam com equipamentos eletromecânicos. Isto gera uma tendência a que se avance na automação flexível, buscando a integração das diversas "ilhas de automação".

Ao analisar o ritmo irregular de difusão das inovações, Kuznets observou que:

"(...) tecnicamente um ramo de produção é uma série de operações separadas que passam por uma seqüência invariável da matéria-prima ao produto acabado. Uma vez que uma etapa importante nesta cadeia é revolucionada por uma invenção, é exercida uma pressão sobre os demais elos da cadeia para que se tornem mais eficientes. Qualquer disparidade no

desempenho dos diferentes estágios impede a exploração completa da inovação recém introduzida. Muitas inovações importantes ocorreram em resposta a esta pressão" (47).

A criação de "ilhas de automação" coloca, desta forma, uma série de problemas tecnológicos a serem resolvidos no sentido de incorporar em sua totalidade os ganhos de produtividade e flexibilidade trazidos pelo uso dos EAM. Isto permite retratar o processo por meio do conceito de *trajetória tecnológica da automação flexível* (48), cujo desenvolvimento é orientado pela crescente integração das diversas áreas da manufatura e da administração da empresa.

Camagni delimita três fases do processo de automação:

- substituição - quando os EAM substituem trabalhadores dentro de funções existentes.

- integração da produção - quando os EAM, em combinação com equipamentos convencionais, formam sistemas mistos (ver item 1.4.1. a seguir). O impacto mais relevante é a necessidade de redesenhar o "lay-out" do processo de produção de forma interligada ao projeto do produto a ser fabricado.

- integração estratégia - envolvendo a busca de novas sinergias entre as diversas gerências administrativas da empresa, como as áreas de engenharia da produção e "marketing" (49).

(47) Kuznets, S. - "Retardation of Industrial Growth" Journal of Economic Business - nº 1, agosto 1929, citado em Araújo Jr., J.T. - op. cit., p. 13.

(48) Este conceito é formulado por Camagni, R. - Op. cit., com base no marco teórico de Nelson e Winter e de Giovanni Dosi.

(49) Idem, p. 9.

A possibilidade de avançar até o estágio da automação estratégica é garantida pela linguagem digital binária, comum às diversas ilhas de automação. Analisando a questão, Gunn identificou seis áreas a serem interligadas para garantir o controle do fluxo de informações intra-firma (50).

- projeto
- controle de estoques e do fluxo de materiais no processo produtivo
- controle dos recursos produtivos (planejamento do processo) frente à variação da demanda
- transporte e manipulação de materiais
- controle das MF e máquinas em geral
- controle de robôs

No item que se segue, busca-se mostrar a evolução de diversas configurações envolvendo os EAM (algumas ainda em fase de desenvolvimento) que caminham no sentido de obtenção da Manufatura Integrada pelo Computador.

1.4.1. As Diversas Configurações da Automação por Integração

1.4.1.1. O Controle Numérico Direto (DNC)

O DNC ("Direct Numerical Control") é uma primeira possibilidade de integração onde diversas MFCN são controla-

(50) Gunn, T. - op. cit., p. 119.

das por uma hierarquia de computadores. Tipicamente, cada MF tem uma unidade de CN microprocessada; grupos de MFCN são interligadas a minicomputadores os quais, por sua vez, são ligados a um computador de grande porte, que armazena os programas necessários à produção de cada peça. O computador de grande porte centraliza as informações da produção, recebendo respostas referentes ao volume produzido e à qualidade do produto. Até uma centena de MFCN podem ser interligadas em DNC.

Em DNC, a única conexão entre as MFCN é eletrônica; as peças são deslocadas entre as diversas máquinas por métodos manuais (51).

1.4.1.2. Células e Sistemas Flexíveis de Manufatura

A associação entre diversas MFCN interligadas e sistemas de carga e descarga de materiais, sob supervisão de um computador central, constitui os sistemas manufatureiros flexíveis (52).

Uma configuração mais simples, a célula manufatureira flexível (FMC - "Flexible Manufacturing Cell"), envolve um robô em volta do qual se situam (geralmente em formato de círculo) diversas MFCN. O robô é responsável pela carga/descarga e troca de ferramentas das máquinas. Sendo o sistema mais simples, cada MFCN e o robô tem seu próprio controlador,

(51) Idem, p. 126.

(52) Idem, ibidem.

dispensando o computador central.

Uma segunda configuração possível são as linhas "transfer" flexíveis onde (a exemplo das linhas "transfer" tradicionais) as MFCN são dispostas em linha, sendo alimentadas por meio de "pallets" ou veículos automáticos. A necessidade da peça efetuar uma trajetória única ao longo da linha limita a flexibilidade desta configuração.

Os Sistemas Manufatureiros Flexíveis ("Flexible Manufacturing Systems" - FMS) diferenciam-se da linha "transfer" flexível em função da disposição das máquinas e dos sistemas de carga permitirem diversos trajetos possíveis da peça a ser usinada, elevando a flexibilidade do sistema. Um FMS sofisticado envolve, ainda, estações de testes e controle de qualidade, máquinas de lavagem das peças e sistemas automáticos de armazenamento dos produtos acabados. A integração de todas estas funções permite que o sistema funcione ininterruptamente por turnos completos sem a intervenção humana, que passa a atuar apenas nas atividades de manutenção e de controle do "fluxo" produtivo (53).

No gráfico 1.2. abaixo, as três configurações acima listadas são classificadas de acordo com o tamanho e variedade dos lotes de peças a serem produzidos. Vê-se que os sistemas flexíveis vieram ocupar um espaço intermediário entre a automação rígida e a elevada flexibilidade das MFCN e

(53) Ver, a esse respeito, Sata, T. - A View of Highly Automated Flexible Manufacturing Systems - University of Tokio - Japan 1982 - mimeo; e Bessant, J. - Flexible Manufacturing Systems - An Overview - UNIDO Microelectronics Monitor nº 12 (suplemento), dezembro 1984.

MF convencionais operando isoladas.

Ao racionalizar o fluxo produtivo e centralizar as informações quanto a seu funcionamento, os sistemas flexíveis reduzem drasticamente o ciclo de produção e a necessidade de estoques de matérias-primas, produtos semi-acabados e finais. Em uma comparação feita por Sata entre MF convencionais, MFCN e FMS isto evidencia-se claramente: uma MF convencional só opera durante 8% do tempo do ciclo produtivo total, com cerca de 3% do tempo total sendo destinado à operação da ferramenta; no caso da MFCN isolada, estes percentuais elevam-se para 22 e 10% respectivamente; em um FMS operando por dois turnos, sem operador, obtém-se 55 e 24%; e com um FMS operando durante um fim-de-semana, também sem operador, é possível alcançar 70% e 37%, respectivamente (54).

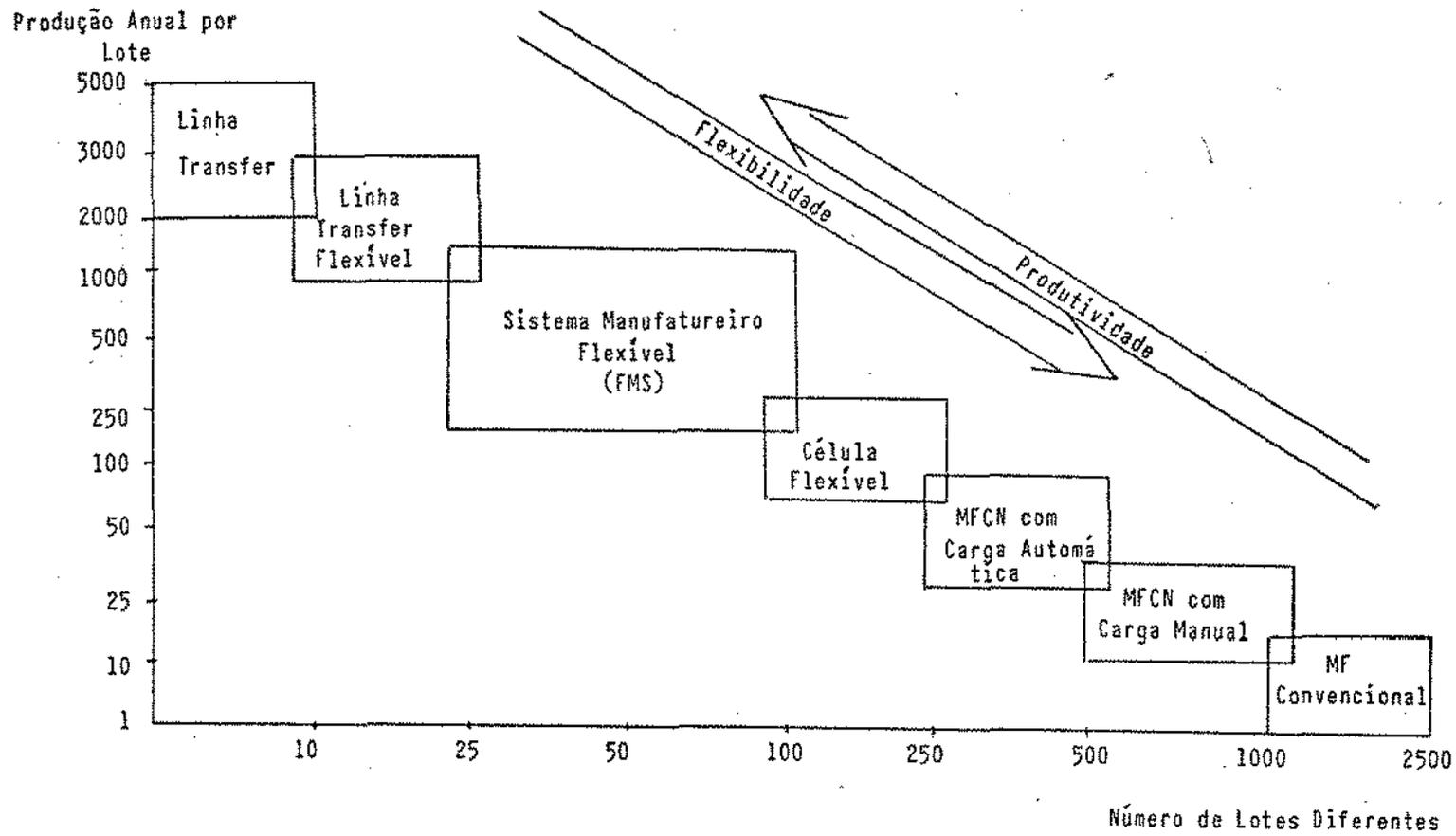
A difusão dos sistemas flexíveis tem sido relativamente lenta, basicamente em virtude da dificuldade de obtenção de soluções padronizadas. O tamanho e variedade dos lotes a serem produzidos, as diversas ferramentas exigidas, os requisitos de precisão e do porte das peças tornam necessário, na maioria dos casos, que o desenvolvimento da estrutura de hardware seja feita sob encomenda, encarecendo o software aplicativo, o que acarreta um preço final muito elevado.

Ademais, o incipiente desenvolvimento da tecnologia de sensores (visão/tato) tem limitado a precisão e flexibilidade destes sistemas principalmente em relação à carga/descarga e posicionamento de peças e ferramentas. As dificuldades técnicas e econômicas vêm forçando uma estratégia

(54) Sata, T. - op. cit., p. 14. Os dados são aproximados a partir da leitura de um gráfico.

GRÁFICO 1.2.

FLEXIBILIDADE E PRODUTIVIDADE DAS DIVERSAS CONFIGURAÇÕES ENVOLVENDO OS EAM



FONTE: Com base em Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., p. 152 e Bessant, J. op. cit., p. 15.

de cautela por parte das empresas usuárias, que têm procurado instalar inicialmente sistemas mais simples (em geral, FMC) expandindo-os e integrando-os gradativamente (55).

Não obstante, 50 FMS encontravam-se em operação nos EUA em 1985, esperando-se alcançar 284 sistemas em 1990. Os principais fabricantes americanos são empresas originárias da indústria de MF, a Kearney & Trecker e a Cincinnati Milacron, que enfrentam a concorrência da Comau italiana (Grupo Fiat) e das japonesas Mazak e Shin Nippon Koki (56). Acredita-se que o número de sistemas FMS e FMC instalados seja maior no Japão, país onde concentraram-se grande parte dos desenvolvimentos destes sistemas.

1.4.1.3. O CAD/CAM

A ligação entre as atividades de projeto e manufatura por computador configura o CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) sigla que é frequentemente utilizada erroneamente na literatura ao ser circunscrita apenas às atividades de projeto (CAD).

A integração entre o sistema de CAD e o CAM (que pode envolver desde MFCN isoladas até FMS) implica que as especificações geométricas e de fabricação da peça geradas pelo

(55) Ver Bessant, J. - op. cit., p. 11 e Zygmunt, J. - "Flexible Manufacturing Systems - Curing the Cure-All" - High Technology, outubro 1986, pp. 22-27.

(56) Idem, p. 26.

equipamento de CAD passem diretamente para a manufatura, eliminando-se os desenhos intermediários feitos manualmente. A conexão pode ser feita manualmente via perfuração de uma fita ou via linguagem digital.

Como visto no tópico 1.3.2.3. acima, os sistemas de CAD foram originalmente desenvolvidos para interligação com o processo produtivo. No entanto, a necessidade de desenvolver configurações padronizadas em hardware e software (os "turnkeys") acabaram por dissociar o CAD do CAM já que a integração entre ambos exigiria soluções sob encomenda. Neste ínterim, as empresas passaram a criar as referidas "ilhas de automação" com base em equipamentos de fabricantes diversos, problematizando ainda mais a obtenção do CAD/CAM (57). A integração destas duas etapas vem exigindo, no período recente (anos 80), enfrentar a questão da normalização dos protocolos de interfaceamento entre equipamentos de origens diferentes, como veremos a seguir.

1.4.1.4. As Redes Locais Industriais e a Solução MAP

O crescimento das ilhas automatizadas, e a necessidade de interligar operacionalmente os diversos setores de uma fábrica, bem como a possibilidade de se compartilhar equipamentos periféricos caros (arquivos de dados, impressoras, terminais de vídeo) ditaram, ao final dos anos 70, a necessidade de constituição de redes de comunicação entre os diver-

(57) A respeito deste ponto, ver Arnold, E. op. cit., p. 4.

tos equipamentos empregados, tanto na área administrativa como produtiva das empresas.

Uma rede local ("Local Area Network" - LAN) é definida como um meio de transmissão de dados para distâncias curtas (até 5 ou 10 km); as WANs ("Wide Area Networks") incluem redes de maior extensão, podendo servir para interligação entre diversas unidades produtivas de um mesmo grupo em distâncias nacionais ou intercontinentais (via telefonia ou satélite) (58).

A integração das ilhas de automação intra-empresa exige o desenvolvimento de "sistemas abertos de comunicação", que permitem que equipamentos de fabricantes diferentes comuniquem-se sem alterações de hardware ou software. Com base em trabalhos iniciados em 1970, a ISO (International Standards Organization) publicou em 1978 um padrão de referências conhecido como o modelo OSI ("Open System Interconnection").

Já razoavelmente difundidas no setor comercial e de escritórios, as LAN's em ambientes industriais vão ter seu desenvolvimento condicionado ao projeto MAP ("Manufacturing Automation Protocol") iniciado pela GM americana em 1980, com base na padronização ISO/OSI.

Como maior usuária individual de equipamentos de automação nos EUA, a GM passou a desenvolver os inúmeros pro-

(58) Este tópico é baseado no trabalho de Mendes, M.J. - Redes Locais de Comunicação em Ambiente Industrial, Anais do 6º SCNB - Seminário de Comando Numérico no Brasil - SOBRACON - São Paulo, Agosto 1986, também publicado em Máquinas e Metais, nº 249, ano XXII - Agosto 1986, pp. 32-53.

protocolos de interface em conjunto com algumas empresas fabricantes. O "poder de mercado" da GM, condicionando compras futuras de EAM à compatibilidade com o projeto MAP, foi decisivo para que este padrão tenda a se estabelecer mundialmente (embora o projeto não esteja concluído). O padrão MAP acabou inclusive impondo-se a outros projetos na área, que a ele se juntaram, como o projeto TOP da Boeing.

Prevê-se a conclusão, em 1987, da versão definitiva da solução MAP. Entre 1988-1990 o projeto ingressará na sua última fase, com a instalação de diversas LANs nas fábricas da GM.

Com base nos projetos MAP e TOP, previa-se na exposição AUTOFACT/86 uma demonstração experimental da Manufatura Integrada por Computação, o CIM ("Computer Integrated Manufacturing"), envolvendo os aspectos de produção, planejamento e administração até FMS e FMC em tempo real.

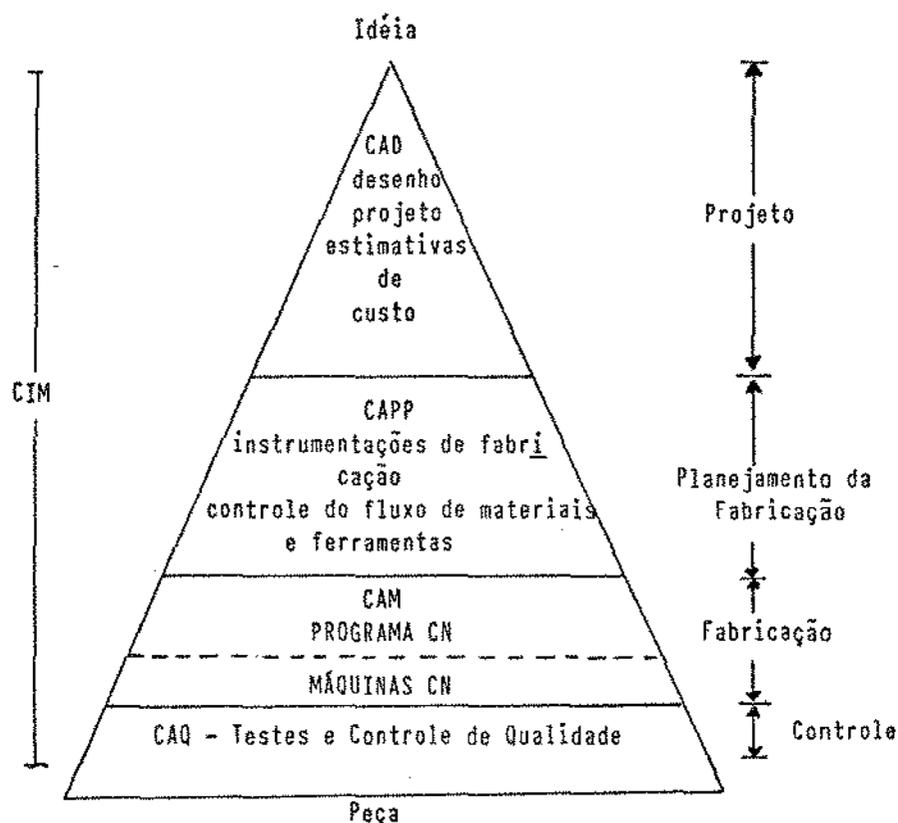
1.4.1.5. A Manufatura Integrada por Computador (CIM)

Como já antecipado, o CIM envolve a integração definitiva entre as esferas de projeto, manufatura e administração da empresa. Seu desenvolvimento está intimamente ligado aos avanços na constituição de redes locais de comunicação e, por extensão, ao projeto MAP.

Com o desenvolvimento do CIM, teríamos como entrada no processo a idéia de projetista, que a partir do emprego do CAD geraria as informações referentes a custos de mate-

riais e processamento, permitindo a avaliação econômica da viabilidade do projeto. A partir do projeto definiria-se também o planejamento da seqüência de operações para a fabricação (o CAPP - "Computer Aided Production Planning"), além das especificações técnicas para a programação das MFCN e/ou FMS, o CAD/CAM. Adicionalmente, a peça passaria por sistemas de controle de qualidade (CAQ - "Computer Aided Quality Control"). A entrada do sistema é a idéia e a saída, a peça pronta e testada, conforme ilustra o Quadro 1.3. a seguir.

QUADRO 1.3.
DIAGRAMA DO CIM



FONTE: Com base em Stemmer, E.C. - op. cit., p. 8.

A extrema complexidade do CIM (e cuja expressão é o longo percurso do projeto MAP) não está apenas nos obstáculos colocados pela interconexão dos equipamentos. Assim, como nas outras configurações do tipo "ilhas de automação", exigem-se alterações substanciais nas formas de gerenciamento da produção, ponto que aprofundaremos a seguir.

1.4.2. A Automação Flexível e o Gerenciamento Científico da Produção

A automação flexível não envolve apenas a implantação de equipamentos sofisticados. O controle centralizado das informações e do fluxo produtivo implica em profundas transformações no planejamento produtivo, nas atividades de projeto, marketing e de suporte (programação/manutenção) sem as quais a empresa usuária não extrairá o potencial de produtividade e flexibilidade dos EAM.

1.4.2.1. Tecnologia de Grupo e Famílias de Peças

Como pode ser observado no Gráfico 1.2. acima, existe um "trade-off" entre a produtividade e a flexibilidade das diversas configurações de sistemas flexíveis. Na expressão de um conceituado técnico na área de automação "(...) *flexibilidade e produtividade são fatores antagônicos. Flexibilidade não significa, necessariamente, um alto grau de automati*

zação. Ao contrário, um processo de fabricação pouco automatizado é, em geral, o mais flexível" (59).

Ao associar a MFCN a sistemas de transporte e posicionamento automático do fluxo de matérias-primas e peças semi-acabadas, reduz-se a flexibilidade da configuração ao mesmo tempo em que eleva-se o tempo de utilização das máquinas e otimiza-se o controle do fluxo de informações e peças.

A perda de flexibilidade é explicada pela limitação que os sistemas de carga/descarga e posicionamento tem em lidar com peças de tamanhos, especificações de precisão e pesos muito diferentes. Se os lotes de peças exigem ferramentas de usinagem muito diversificadas, o problema é agravado.

Para resolver esta limitação, desenvolveu-se a "tecnologia de grupo". Esta tecnologia consiste na classificação de peças e componentes que tenham características comuns em termos geométricos, de peso, volume ou material empregado. Por meio desta classificação, obtém-se "famílias de peças" que apresentam requisitos de usinagem similares.

A tecnologia de grupo permite racionalizar o planejamento da produção, fazendo com que peças similares sejam produzidas dentro de uma mesma ilha de automação. Isto exige que a organização do processo produtivo seja reestudada em comparação com a existente na base técnica eletromecânica, onde a flexibilidade e qualificação do trabalhador humano permitem que ele produza peças com especificações técnicas díspares, à semelhança do artesão.

A tecnologia de grupo é de suma importância para

(59) Stemmer, C.E. - op. cit., p. 6.

a atividade de projeto. Ao necessitar projetar um novo componente ou peça, o projetista pode recorrer ao banco de dados onde as peças existentes já estão classificadas em famílias, projetando a nova peça a partir de algumas modificações que facilitem a sua produção por meio dos EAM, ponto que aprofundamos a seguir.

1.4.2.2. A Integração Projeto/Manufatura, Padronização e Modularidade

O emprego da tecnologia de grupo, ao exigir um esforço de padronização dos componentes mecânicos fabricados por uma firma, acaba por forçá-la a operar com linhas de produto padronizadas a partir da semelhança técnica de seus componentes.

No caso da indústria automobilística, a complexidade da linha de produção robotizada exige que a montadora diversifique seus modelos a partir de um projeto básico; em empresas onde trabalha-se com produtos sob encomenda, a solução é adotar o conceito de modularidade.

A modularidade de uma linha de produtos significa maximizar o uso de partes e componentes comuns nos diversos modelos ofertados pela empresa. Obtém-se, assim, lotes maiores cuja produção é mais facilmente automatizada, reduzindo custos, permitindo que a empresa eleve a sua produtividade em combinação com a possibilidade de diversificação (limitada) de sua linha de produtos. Em oposição, a produção sob enco-

menda é dificilmente passível de automatização com base nos EAM.

Os benefícios da automação microeletrônica são, portanto, tanto maiores quanto maior for a padronização e modularidade da linha de produtos da firma. Para tanto, é necessário que a fase de projeto esteja integrada com o planejamento do processo produtivo, de forma a que o item projetado seja passível de ser produzido por meio dos EAM. A área de "marketing" da empresa, por sua vez, deve procurar mostrar aos clientes as vantagens de adquirir um produto padronizado e mais barato; no caso do produto em questão ser um equipamento, a empresa fabricante deve não procurar ceder às demandas dos usuários por produtos sob encomenda, mais caros, porém de melhor adequação às especificidades de seus processos produtivos (60).

O emprego de EAM sem modificações substanciais nas atividades de projeto e de planejamento da produção acarreta uma série de problemas às empresas usuárias. Um trabalho recente apresenta os problemas de usuários americanos de FMS e as transformações exigidas para superá-los (61).

Uma empresa americana fornecedora da indústria aeronáutica, após três anos utilizando um FMS (com base em nove centros de usinagem) ainda não conseguira obter os ganhos de flexibilidade potenciais do sistema, uma vez que as requisitos de precisão acabavam por exigir o posicionamento

(60) No capítulo 4 a seguir, veremos como o emprego da padronização e modularidade está na base do sucesso competitivo da indústria japonesa de MFCN.

(61) Zygmunt, J. - op. cit.

e controle de qualidade da peça por operadores humanos. Outro usuário adquiriu um FMS para produção de oito tipos diferentes de transmissão para tratores; o controle de seqüência das operações, no entanto, mostrou-se muito complexo, excedendo a capacidade do software empregado. O diretor da empresa atribuiu o problema à incapacidade da firma projetar partes mais simples com características mais comuns: "*Nós podemos cortar o investimento em capital em cerca de 50 a 60% se apenas unirmos o projeto e a manufatura desde o começo*" (62).

Por outro lado, uma empresa fabricante de correntes de transmissão foi bem sucedida no uso de uma célula flexível. No entanto, a empresa reduziu sua linha de 400 tipos para sete famílias de correntes, através das quais ela pôde satisfazer as necessidades individuais dos clientes; a padronização implicou também na redução de 50 para 4 tamanhos de barras metálicas usadas como matéria-prima.

Segundo as empresas fabricantes, a desinformação dos usuários potenciais acarreta assumpções errôneas de que a automação flexível oferece uma flexibilidade ilimitada, a ponto de existirem empresas que demandam tais sistemas sem um levantamento prévio da linha de produtos que pretende fabricar. Na opinião da empresa usuária produzindo transmissões para tratores, "*a flexibilidade infinita acarreta custos infinitos*" (63).

A adoção dos princípios de tecnologia de grupo, padronização e modularidade permite às empresas usuárias au-

(62) Idem, p. 24.

(63) Idem, p. 27.

ferirem economias de escopo. Estas apresentam-se quando "(...) é mais barato combinar duas ou mais linhas de produção em uma única firma do que produzi-las separadamente" (64) . Ao constituir-se famílias de peças a serem fabricadas por um mesmo sistema manufatureiro, eleva-se o tempo de utilização de máquinas (como no caso das economias de escala) a partir da produção de peças diferentes.

1.4.2.3. O "Kanbam" e o Controle de Estoques "just-in-time"

O emprego dos EAM possibilita, como visto anteriormente, uma melhoria na racionalização dos fluxos de materiais dentro da empresa. Entretanto, a coordenação centralizada dos movimentos de estoques de matérias-primas e produtos semi-acabados entre as diversas ilhas de automação das empresas torna necessário o emprego de técnicas de gerenciamento complexas.

Desenvolvido pela empresa japonesa Toyota, o sistema de "Kanbam" ou de "just-in-time production" possibilita grandes economias em capital de giro. Neste sistema, a ordem para a produção de uma peça é gerada pela estação subsequente; ao definir-se a necessidade de fabricação de uma unidade de produto final, gera-se uma série de ordens à jusante da cadeia produtiva de forma a que cada componente seja produzido exatamente quando é necessário, tornando os estoques in-

(64) Araújo Jr. - op. cit., p. 10.

termediário supérfluos (65).

O "Kanbam" foi introduzido previamente ao surgimento da automação microeletrônica; seu uso é facilitado se o processo produtivo é computadorizado, reduzindo os custos e tempo da comunicação entre setores. Em alguns casos (principalmente no Japão) o "Kanbam" pode ser externo, envolvendo também as empresas fornecedoras (66).

Outro sistema desenvolvido para o controle de estoques é o planejamento de recursos na manufatura ("manufacturing resource planning") introduzido pela IBM. Neste sistema, a empresa armazena em computador o número e especificações das peças e componentes necessários à produção de cada unidade de produto final. Ao se gerar uma ordem de fabricação de um produto final, geram-se simultaneamente ordens para a produção de seus componentes. Embora semelhante ao processo "just-in-time", difere dele por exigir um planejamento detalhado e centralizado de cada peça ou componente a ser produzido, exigindo o uso de computadores (67).

(65) Gunn, T. - op. cit., p. 123.

(66) Taxile, J.R. - Automação, Competitividade e Emprego - Uma Avaliação das Tendências Contemporâneas no Cenário Internacional. Relatório para a OIT - Organização Internacional do Trabalho - Rio de Janeiro, 1985, p. 33.

(67) Gunn, T. - op. cit., p. 123.

1.4.2.4. As Atividades de Suporte: Software, Supervisão, Manutenção

A complexidade das necessidades de software eleva-se de acordo com a sofisticação das configurações adotadas pelas empresas usuárias. Deve ser ressaltado que as necessidades de software para automação industrial são mais sofisticadas que no caso da transmissão e manipulação de dados - caso, em geral, dos demais segmentos do chamado "complexo eletrônico".

Ao envolver a produção de peças tridimensionais, com perfis geométricos complexos e variados envolvendo materiais diferentes, o software para automação industrial exige a integração de conhecimentos de áreas como a física, química, engenharia mecânica-fina, engenharia de materiais e matemática avançada (geometria e topologia) (68).

As atividades de manutenção são também de importância fundamental. Na medida em que o fluxo produtivo é crescentemente integrado, a quebra de um elo interrompe o funcionamento da cadeia. Novamente, a vantagem é das empresas japonesas que desenvolveram sistemas de "quebra-zero" pelo meio dos quais desenvolveram-se processos e equipamentos que garantem o mínimo de manutenção e quebras.

Por último, a atividade de supervisão do processo produtivo assume grande importância à medida que os processos manufatureiros vão se assemelhando crescentemente aos proces-

(68) Ver Belluzzo, L.G.M. e Coutinho, L.G. - op. cit., p. 13.

tos de fluxo contínuo. No caso do emprego de ilhas de automação, a supervisão garante também o controle de qualidade (se este não for automático) merecendo destaque os métodos japoneses de controle de qualidade total.

A difusão da automação microeletrônica traz "(...) uma nova fonte de ganhos-de-produtividade, baseada na excelência do trabalho de programação e de supervisão da programação" (69).

É importante ressaltar que as atividades de suporte exigem o emprego de mão-de-obra qualificada de altos salários requerendo, por vezes, custos elevados de treinamento. Tais gastos configuram-se, desta forma, em barreiras à entrada adicionais para o uso desta tecnologia, especialmente se exigirem, por sua vez, o auxílio de equipamentos caros como computadores e periféricos.

1.5. Conclusões

Procurou-se mostrar neste capítulo os limites à automação dos processos produtivos eletromecânicos e as transformações radicais na competitividade microeconômica das empresas em função da difusão da automação flexível.

Dentro da base técnica eletromecânica, os limites à automação acarretavam a necessidade de emprego de trabalho humano desqualificado (linhas de montagem) ou qualifi-

(69) Idem, p. 15. grifo original.

cado (processos não seriados). O obstáculo à automação residia basicamente na flexibilidade física e mental do operador humano, não passível de automatização com base em equipamentos não-reprogramáveis.

Com o advento dos EAM "(...) a flexibilidade passa a ser obtível a partir dos próprios equipamentos e não mais, necessariamente, a partir do trabalho" (70).

A constituição dos EAM exigiu o advento de uma nova base técnica, a mecatrônica, viabilizada após o surgimento do paradigma tecnológico da microeletrônica. No breve histórico apresentado sobre a evolução deste paradigma, pensamos ter mostrado a confluência de questões oriundas da ciência e tecnologia, delimitando o desenvolvimento de uma trajetória que vai crescentemente incorporando a dimensão econômica, particularmente após o desenvolvimento dos microprocessadores.

A conjugação de questões tecnológicas oriundas da mecânica e eletrônica, criando os EAM e viabilizando a automação flexível, delimita claramente, ao nosso ver, uma trajetória tecnológica própria a partir do processo de integração dos diversos novos equipamentos. A fronteira tecnológica desta trajetória é o CIM (Manufatura Integrada por Computador) que representará, quando integralmente desenvolvida, a superação definitiva dos problemas oriundos da base técnica eletromecânica.

Cabe ressaltar que a trajetória da automação flexível é fortemente condicionada pelos problemas advindos da

(70) Tauile, J.R. - "Automação ...", p. 17.

mecânica, que atuam basicamente no sentido de limitar a flexibilidade absoluta possível a partir dos comandos eletrônicos. Em oposição à automação rígida, a automação flexível permite automatizar lotes de peças e produtos diversificados, mas sem superar a máxima de que "o processo mais produtivo é o menos flexível".

A estrutura de circulação do capital investido é profundamente alterada com a automação flexível. Ao incrementar o tempo de uso dos equipamentos, obtém-se uma menor relação capital/produto, acelerando-se a depreciação física do capital fixo invertido. Por outro lado exige-se atividades de suporte (planejamento, programação, supervisão etc) que requerem gastos elevados, envolvendo profissionais qualificados de altos salários bem como o emprego de equipamentos de suporte caros. A obtenção integral dos benefícios oriundos da automação flexível é um processo demorado e custoso, onde assume grande importância as economias de aprendizado ("learning by doing").

Acredita-se que, apesar da redução dos requisitos de capital/produto, haja uma elevação nas escalas mínimas de inversão em função do custo e complexidade envolvidos nas atividades de suporte. Adicionalmente, empresas pequenas não possuem, em geral, os tamanhos de lotes mínimos para utilizar configurações mais complexas que MFCN isoladas (ver Gráfico 1.2.).

Ao mesmo tempo, o emprego da automação flexível, conjugado à adoção de técnicas de gerenciamento apropriadas permite reduções drásticas nas necessidades de estoques de matérias-primas, produtos intermediários e finais, tanto pelo

maior controle administrativo do fluxo de produção como pela redução de refugos e de protótipos nas fases de projeto e testes.

Configura-se assim, um "trade-off" interessante: em troca de uma maior intensificação de capital fixo no processo produtivo, reduz-se o capital circulante. Em compensação, o tempo de depreciação do capital fixo é reduzido, diminuindo o tempo de rotação do capital investido como um todo.

Os benefícios em termos do poder competitivo das empresas aparecem de diversas formas: redução dos custos unitários por meio da obtenção de economias de escopo; melhor qualidade e confiabilidade dos produtos, reduzindo gastos com assistência técnica; maior rapidez no desenvolvimento de novas linhas de produtos a partir de variações na demanda; e menor período de retorno do capital investido, minorando a obsolescência tecnológica.

Muitos dos desenvolvimentos da trajetória da automação flexível são ainda obra de ficção, a serem plenamente desenvolvidos e difundidos comercialmente apenas no próximo século. Entretanto, os esforços de fabricantes, usuários e instituições governamentais estão sendo orientados para a resolução de *problemas selecionados* (FMS, CIM etc) sendo possível prever-se os impactos que acarretarão. Pouco pode-se dizer entretanto, sobre prazos e ritmos, bem como sobre quais estratégias de produção e difusão serão as melhores sucedidas.

Para um país que apenas recentemente adquiriu capacitação tecnológica na produção de bens mecânicos, um deslocamento significativo na fronteira tecnológica tal como es-

te capítulo descreve levanta, a primeira vista, perspectivas sombrias *se não houver uma estratégia envolvendo a produção e difusão de tais equipamentos*. É disto que trata o resto desta dissertação.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO E DIFUSÃO INTERNACIONAL DE MFCN - ROBÔS INDUSTRIAIS
E SISTEMAS DE CAD

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO E DIFUSÃO INTERNACIONAL DE MFCN - ROBÔS INDUSTRIAIS E SISTEMAS DE CAD

2.1. Introdução

Ao avaliar os padrões internacionais de produção e difusão dos EAM, busca-se, neste capítulo, identificar as diversas alternativas possíveis de inserção na fabricação e uso destes equipamentos. Ao retratar os desenvolvimentos passados e presentes na área dos EAM como configurando uma trajetória tecnológica, enfatizou-se (ver introdução) a importância de incorporar na análise os condicionantes sócio-econômicos como selecionadores "ex-post" de soluções diferenciadas. Foi ressaltado o papel decisivo dos gastos (e de que forma são financiados) em P & D, o aparato institucional (universidades, instituições de pesquisa), a estrutura industrial do país e o papel das políticas públicas.

Em relação a cada um dos três equipamentos, far-se-á uma análise com relação a quatro aspectos: o quadro referente à distribuição geográfica da produção e difusão dos EAM, fluxos de comércio e padrão setorial dos segmentos usuários; as estratégias de concorrência das empresas fabricantes, bem como os determinantes da competitividade internacional; as tendências tecnológicas e o papel das políticas públicas.

2.2. Máquinas-Ferramenta com Comando Numérico

A produção mundial de MF apresentou mudanças significativas a partir dos anos 60, como é o visto na Tabela I (Anexo), apontando para uma maior descentralização com a emergência de novos produtores. O aspecto mais notável é a espetacular ascensão da produção japonesa, cuja parcela de mercado mais do que quadruplicou entre 1965 e 1982. Destaca-se também o crescimento da produção italiana e de outros países (principalmente os países de industrialização recente). As quedas mais significativas ocorreram no caso das indústrias dos EUA e Reino Unido, com quedas menores para a Alemanha Federal e União Soviética.

A liderança japonesa na produção mundial é apoiada em uma estratégia exportadora agressiva que permitiu a elevação de sua parcela nas exportações mundiais de MF de 3,3% (1966) para 13,4% (1982). Alemanha Federal e Reino Unido perderam parcelas modestas de seus mercados externos, embora a Alemanha mantivesse o primeiro posto (24,2% das exportações mundiais de MF). A queda dos EUA é a mais expressiva: 14,1% (1966) para 6,7% em 1982; ao lado do Japão, a Itália também cresce nos mercados mundiais, obtendo 7,9% em 1982 (1).

O comportamento dos coeficientes de importação e de exportação dos principais países fabricantes mostra, em geral, um crescimento da importância do comércio exterior em relação à produção para o mercado interno, como vê-se pelo con-

(1) Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., p. 32.

fronto das Tabelas II e III.

Entre os anos 60 e o início dos anos 80, a Alemanha Federal, os EUA, Reino Unido e Suíça tiveram elevações na dependência de mercados externos, tanto para o escoamento da produção interna como para o atendimento do consumo doméstico (embora no caso dos dois primeiros o coeficiente exportado tenha caído nos anos 70). Tal comportamento sugere uma tendência à especialização da produção de MF entre países, o que é reforçado pelo fato destes países serem grandes exportadores de MF especiais, como por exemplo MF para a indústria aeronáutica (EUA), para a indústria de relógios (Suíça) e MF de precisão (Alemanha Federal).

Um padrão distinto é apresentado para os casos da Itália e Japão, que tiveram uma redução na parcela importada do consumo interno. No caso do Japão, a parcela exportada da produção atinge seu ponto máximo em 1979, declinando com a crise dos anos 80; no caso da Itália, tal coeficiente apresenta uma contínua elevação no período recente. Estes dois países tem sua competitividade externa mais voltada para o segmento de MF de uso geral, embora a Itália tenha tradição também em MF especiais, para a indústria automobilística e aeronáutica.

É na segunda metade dos anos 70 que o impacto da tecnologia do CN vai afetar mais intensamente a indústria de MF. Esta nova tecnologia interrompeu um quadro de estagnação da produção e queda da produtividade da indústria de MF (2).

(2) Ver Real, B. - Technical Change and Economic Policy - The Machine Tool Industry - Sector Report - OECD, 1980.

O comando numérico representa uma nova tecnologia cuja difusão está ligada a um produto tradicional da indústria, a máquina-ferramenta. O produto final, a MFCN, compreende, portanto, o comando e a máquina (3).

Ao estudar a produção de MFCN, é importante observar que esta compreende tanto o mercado para produtos finais quanto o mercado para unidades de CN produzidas por empresas da indústria eletrônica, que as vendem para os fabricantes de máquinas-ferramentas (4).

O mercado para MFCN, que nas décadas de cinquenta e sessenta assumia as características de um nicho de pequenas proporções dentro do mercado total para máquinas-ferramentas, tem progressivamente ocupado o espaço das MF convencionais.

2.2.1. Produção Mundial e Padrões de Difusão de MFCN

2.2.1.1. Produção e Fluxos de Comércio

A década de setenta é um período de grande difusão da tecnologia do CN, especialmente em sua segunda metade, o que se insere no movimento de reestruturação das estruturas

(3) Todos os dados referentes a MFCN's incorporam o valor do CN, se medidos em unidades monetárias.

(4) Será discutida mais adiante a tendência de empresas produtoras de MF fabricarem seus próprios comandos. Não há referências quanto ao movimento inverso.

produtivas nas economias avançadas em função da crise mundial pós-1973. Entre 1968-74, o parque instalado mundial de MFCN passa de 50 mil para cerca de 75 mil unidades (+ 50%); nos seis anos seguintes, entre 1974 e 1980, esse número alcança 200 mil unidades (+ 166%) (5).

A intensificação da difusão da MFCN ligou-se ao avanço do uso de unidades de CN mais baratas, como mostra a Tabela 2.1. para o caso dos EUA. Há uma grande queda no emprego do CN "hard-wired" (caro e inflexível) com crescimento do uso de comandos com base em mini e microcomputadores. Como o CN microprocessado é o de menor valor unitário, sua parcela relativa seria maior em termos de unidades comercializadas.

Na Tabela 2.2., vê-se que o valor da produção de MFCN para corte de metais cresceu a uma taxa muito superior à aquela prevalecente para as MF de corte convencionais. Se projetássemos as mesmas taxas de crescimento por segmento verificadas no período 1976-1982 para os seis anos seguintes, chegaríamos em 1988 com um valor da produção de MFCN superior ao de MF convencionais. Deve-se ressaltar, entretanto, que além da precariedade de tal estimativa, a participação das MFCN em termos unitários seria menor, já que estas são mais caras que as MF convencionais.

A tabela indica uma clara tendência de substituição entre MFCN e MF convencionais. No caso da produção de tornos, estimativas indicavam perspectivas de uma taxa negativa de crescimento da produção mundial (-2,5% a.a.) de tornos convencionais, entre 1980 e 1988, enquanto o crescimento alcança-

(5) Almeida, L.T. - op. cit., pp. 7-8.

TABELA 2.1.

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO DE CN, POR TIPO DE CONTROLE (1977-80)

	1977		1978		1979		1980	
	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor
Total CN	(100,0)	263,5	(100,0)	307,9	(100,0)	339,5	(100,0)	436,0
"Hard-Wired"	(15,2)	40,0	(13,0)	40,0	(12,1)	41,0	(2,5)	11,0
Direto (DNC)	(1,5)	4,0	(1,9)	5,7	(2,1)	7,0	(2,3)	10,0
Controle por Computador (Mini)	(34,7)	91,5	(34,8)	107,2	(33,6)	114,0	(43,6)	190,0
Controle por Micro-Processador	(48,6)	128,0	(50,3)	155,0	(52,2)	177,5	(51,6)	225,0

FONTE: ELECTRONICS - 04.01.79

Obs. : Os dados em valor são consideravelmente superiores às estimativas da mesma fonte para os mesmos anos, publicadas em edições posteriores. A tabela deve ser interpretada apenas quanto às parcelas relativas.

TABELA 2.2

PAÍSES SELECIONADOS DA OECD (*) - VALOR DA PRODUÇÃO DE MF PARA CORTE DE METAIS
1976, 1982 e 1988

Máquinas-Ferramenta para Corte de Metais	1976		1982		1988 ^e		Taxa Cresc. 1976-82 (%)
	US\$ Milhões	%	US\$ Milhões	%	US\$ Milhões	%	
CN	1.201	25	4.173	41	14.480	59	247
Convencionais	3.694	75	6.065	59	9.946	41	64
Total	4.895	100	10.238	100	24.426	100	109

e - estimado

(*) EUA, Japão, Alemanha Federal, França, Itália e Reino Unido.

FONTE: Jacobson, S. e Edquist, C. - Trends in the Diffusion of Electronics Technology in the Capital Goods Sector. Suécia, Research Policy Institute - Universidade de Lund, 1984, p. 6.

ria a taxa de 10% a.a. no caso de tornos com CN (6).

No caso de MF para conformação de metais, existem dados disponíveis apenas para a produção da Alemanha Federal (Tabela 2.3.). Nota-se a mesma tendência de substituição da MF convencional pela MFCN, embora menos acentuada, dada a menor penetração do CN neste segmento (ver tópico 1.3.2.1. acima).

Conforme mostra a Tabela 2.4. o Japão é o principal mercado de CN, seguido dos EUA, ficando os países europeus em terceiro lugar.

Apesar da falta de informações mais detalhadas, é possível concluir que os fluxos de comércio de MF vêm apresentando alterações significativas em função do impacto da difusão do comando numérico. Como maior produtor mundial, o Japão é o maior exportador de MFCN (segundo maior exportador, atrás da Alemanha, no caso de MF convencionais). Em 1980 e 1981, o Japão exportou aproximadamente 47% do total do valor da produção de MFCN (7). Em 1981, os EUA foram o destino de 58,2% das unidades exportadas de MFCN do Japão, sendo a participação européia de 29,3% (8).

As exportações japonesas são altamente concentradas em tornos com comando numérico e em centros de usinagem. Em 1981, a participação destes produtos nas exportações japonesas de MFCN era de 50,4% e 43,4%, em termos de valor, e

(6) UNCTAD, op. cit., pp. 35-36.

(7) Apesar de falta de informação sobre a participação das importações de MFCN no consumo japonês, sabe-se que é pouco significativa, só atingindo máquinas mais sofisticadas e de uso específico (Watanabe, S. - op. cit., p. 16).

(8) Watanabe, S. - op. cit., p. 58.

TABELA 2.3

ALEMANHA FEDERAL - VALOR DA PRODUÇÃO DE MF PARA
CONFORMAÇÃO DE METAIS
1976 e 1982

Máquinas-Ferramenta para Conformação de Metais	1976		1982		Taxa Cresc. 1976-82 (%)
	US\$ Milhões	%	US\$ Milhões	%	
CN	24	3	124	12	417
Convencionais	854	97	951	88	11
Total	878	100	1.075	100	22

FONTE: Jacobsson, S. e Edquist, C. - op. cit., p. 7.

TABELA 2.4

MERCADOS NACIONAIS PARA COMANDOS NUMÉRICOS
(US\$ Milhões)

Países	1984	1985	1986 (*)
Japão	347	415	495
EUA	278	345	378
Alemanha Federal	78	85	91
Itália	48	50	53
Inglaterra	22	24	25
França	12	15	17

(*) estimado.

FONTE: Electronics, 06.01.86 e 13.01.86.

57,7% e 36,1%, em termos de unidades, respectivamente (9).

Estima-se que, em 1982, os EUA importavam 52,8% do seu consumo interno de tornos com CN, em termos de unidades; e 49,5% das unidades consumidas de centros de usinagem. Por outro lado, os EUA exportavam, em 1982, 8,2 e 5,8% das unidades produzidas de tornos com CN e centros de usinagem, respectivamente (10).

Estas informações revelam um padrão de comércio distinto do vigente no caso das MF convencionais (11). Em primeiro lugar, a difusão do CN é relativamente recente, o que gera uma concentração maior dos fluxos de comércio tanto em termos de países ofertantes quanto em relação aos mercados. Em segundo lugar, a maior importância das economias de escala (ver seção 2.2.2. a seguir) tende a gerar uma concentração maior em termos de países ofertantes, já que a exportação é fundamental para estender as escalas produtivas (12).

(9) Watanabe, S. - op.cit., p. 17.

(10) USITC - Competitive Assessment of the U.S.A. Metalworking Machine Tool Industry - Relatório da U.S. International Trade Commission - Publicação nº 1428, dezembro 1983, pp. 24-25.

(11) Ver Tabelas I a III, no Anexo Estatístico.

(12) Não se obteve dados quanto ao comércio exterior de unidades de CN. Apesar da falta de dados globais, sabe-se que a empresa líder da indústria de CN no Japão (Fanuc) exportava, em 1980, 46,5% das unidades produzidas (exclusive os comandos exportados indiretamente pelos fabricantes de MFCN). Por outro lado, o Japão importava, em 1980, tão somente 0,6% (1,5% em 1981) de seu consumo interno de unidades de CN. Ver Watanabe, S. - op. cit., p. 58 e Jacobsson, S. "Numerically Controlled Machine Tools - Implications for Newly Industrialized Countries", in Jacobsson, S. e Sigurdson, J. Technological Trends and Challenges in Electronics. Suécia, Universidade de Lund, 1983, p.188.

2.2.1.2. Segmentos por Tipos de Máquinas

De acordo com os dados da Tabela IV vê-se que a tendência de substituição da MF convencional pela MFCN atinge todos os tipos de MF de corte. Observa-se que no caso de tornos, fresadeiras e furadeiras de diâmetro interno, a parcela de mercado da MFCN já superava, em 1982, a participação das MF convencionais. É digno de nota, também, que no tocante a tornos e furadeiras, a parcela de mercado da MF convencional reduziu-se em termos absolutos.

A partir das informações da Tabela IV, é possível avaliar (Tabela V) o peso de cada tipo de MFCN no total do valor da produção destas máquinas. Como pode ser visto, os tornos e centros de usinagem respondem por quase 2/3 do total da produção de MFCN, embora este dado provavelmente sofresse alterações se computado em termos de unidades, dado o maior peso das MFCN mais simples e padronizadas.

A concentração da produção de MFCN em tornos e centros de usinagem não é fortuita. Com relação aos centros de usinagem, viu-se anteriormente que eles concentram vários tipos de operações (fresamento, mandrilhamento, furação etc.) onde a peça usinada permanece imóvel e a ferramenta trabalha em alta velocidade. O centro de usinagem tende, portanto, a substituir MF específicas (fresadoras, furadeiras e outras) com exceção do torno, em geral utilizado para efetuar peças cônicas, onde a peça gira em alta velocidade com a ferramenta imóvel (13).

(13) Na seção 2.2.3. será visto uma tendência recente de incorporar operações de torneamento em centros de usinagem.

2.2.1.3. Padrões de Difusão por Setor e Tamanho de Empresa

Uma vez que a MF em geral é utilizada para trabalho em metal (corte ou conformação), a sua demanda obviamente se concentra nos segmentos de bens finais do complexo metal-mecânico (principalmente a indústria de bens de capital e indústria automobilística). Isto pode ser visto a partir dos dados da Tabela VI, referentes ao Japão e EUA.

Apesar das semelhanças verificadas entre ambos os países, a referida tabela oculta diferenças fundamentais entre os mesmos no que diz respeito ao padrão de difusão setorial das MFCN, já que exclui as empresas japonesas com menos de 100 empregados, reduzindo a participação de setores mais desconcentrados ou que subcontratam mais.

De fato, a diferença fundamental está em que a tecnologia do CN no Japão foi desenvolvida principalmente em resposta às demandas da indústria automobilística e autopeças. Entre 1975 e 1980, 70% das vendas de MFCN no Japão destinaram-se à indústria automobilística/autopeças.

Nos EUA, a indústria aeroespacial é a que utiliza mais intensamente MFCN. Entre 1968 e 1978, mais de 23% das MF de corte de metais demandadas pela indústria aeroespacial norte-americana eram com CN; enquanto o percentual para a indústria automobilística, nesse mesmo período, era de apenas 3% (14).

No caso dos EUA, uma desagregação dos segmentos

(14) Watanabe, S. - op. cit., p. 20.

usuários de MFCN a partir dos dados da Tabela VI mostra que dos 15% do gênero de equipamentos de transporte, mais da metade (8,5%) representa a parcela da indústria aeroespacial. No Japão, o desenvolvimento desta indústria é incipiente, tendo participação desprezível na demanda por MFCN (15).

Tanto nos EUA como no Japão, a difusão das MFCN já alcançou um estágio relativamente avançado, o que se expressa no fato de as pequenas e médias empresas (até 300 empregados) terem maior participação como usuárias do que as grandes. Os dados da Tabela VII mostram que, no caso do Japão, a "massificação" da demanda de MFCN, atingindo pequenas e médias empresas, coincide com o período de grande expansão da produção japonesa (a segunda metade dos anos setenta). Como os dados utilizados na referida tabela são expressos em valor, a participação das empresas pequenas e médias no total de MFCN ao longo deste período está subestimada, uma vez que estas empresas demandam MFCN mais simples e baratas. Cabe apontar que neste país a difusão é bastante elevada nas empresas pequenas (menos de 30 empregados); em 1981, estas empresas absorveram 26,1% das vendas internas de MFCN (16).

A Tabela VIII mostra os dados de distribuição por tamanho de empresa para os EUA no ano de 1982, indicando uma maior difusão nas empresas pequenas e médias (até 500 empregados) do que nas empresas grandes.

(15) Jacobsson, S. e Edquist, C. - Trends in the Diffusion of Electronics Technology in the Capital Goods Sector. Research Policy Institute - Universidade de Lund, Suécia, 1984, p. 68.

(16) Watanabe, S. - op. cit., p. 22.

Cruzando as informações acima com as correspondentes aos setores demandantes, pode-se dizer que a MFCN tem forte penetração nas grandes empresas de material de transporte (indústria automobilística e indústria aeronáutica), mas também em empresas médias e pequenas do setor mecânico e de autopeças.

A difusão de MFCN em pequenas empresas foi impulsionada, especialmente a partir dos anos 70, por uma tendência de grandes empresas descentralizarem a produção entre várias unidades e, principalmente, de desintegrarem-se verticalmente por meio de estabelecimento de uma série de fornecedores subcontratados (e mesmo sub-subcontratados) (17). Para tais fornecedores, a flexibilidade e qualidade obtidas pelo uso da MFCN a tornam adequada para enfrentar exigências de demanda oscilantes. E a crescente computadorização das empresas permite que integrem esses fornecedores em sistemas do tipo "kanban" (especialmente no Japão), conciliando a descentralização produtiva com a centralização da informação (18).

2.2.2. Indústria: Estrutura e Estratégia de Concorrência

A seguir serão analisadas as principais características da estrutura da indústria de MFCN, os determinantes

(17) Ver, a esse respeito, Murray, F. - "The Decentralization of Production - the decline of mass-collective worker?" Capital and Class - Bulletin of the Conference of Socialist Economists.

(18) Retomaremos esse ponto no capítulo 4 a seguir.

da liderança japonesa nesta e, finalmente, as principais estratégias de concorrência das empresas fabricantes de MFCN e de CN's.

2.2.2.1. Estrutura de Custos e Concentração

A indústria de MF convencionais, tradicionalmente, tem sido pouco concentrada. Nos EUA, essa indústria contava com 1.140 estabelecimentos em 1982, empregando, em termos médios, 77 pessoas; no Japão, em 1980, havia 1.972 empresas fabricantes, sendo que 1.139 empregavam menos de 10 pessoas (19).

A crescente substituição de MF convencionais por MFCN traz implicações importantes neste quadro. A estrutura de custos de produção da MFCN muda não apenas pela introdução do comando propriamente dito, mas também pela incorporação de componentes eletrônicos na MF, tais como o comando de velocidades eletrônico (20).

A presença de componentes eletrônicos se dá às expensas de componentes com alta participação de trabalho em sua produção, como peças de aço fundido. Por sua vez, os componentes eletrônicos dependem da oferta de empresas internacionalizadas que operam com grandes escalas de produção e que concedem descontos (alcançando até 30-35%) para compra de grandes lotes (21).

(19) USITC - "Competitive Assessment ...", op. cit., pp. 18 e 47.

(20) Jacobsson, S. - op. cit., p. 184.

(21) Idem, p. 186.

Adicionalmente, ganham peso nos custos, por serem produtos sofisticados e de nova geração, os gastos em P & D, rede de assistência técnica e informação e gastos de comercialização.

A estrutura de custos converge, desta forma, no sentido de criar fortes economias de escala estáticas, dado o peso dos custos fixos (gastos em P & D, assistência técnica etc.) e a presença de um custo variável decrescente (a compra de componentes eletrônicos). Deve-se mencionar, ainda, a existência de economias de escala dinâmicas, ligadas ao aprendizado necessário para ingressar em um segmento de tecnologia sofisticada, ponto a ser aprofundado no tópico seguinte.

A Tabela IX permite avaliar a concentração da indústria de tornos com CN na Europa e Japão. Cabe notar que as escalas de produção da empresa líder no Japão e das quatro empresas seguintes são significativamente maiores que as congêneres européias, indicando que a produção japonesa tem grande vantagem competitiva em função das economias de escala.

A concentração é ainda maior no caso da produção de unidades de CN. Isso se expressa pelo fato de uma única empresa japonesa, a Fanuc, ter produzido, em 1980, 52,5% do total de unidades de CN produzidas no Japão, EUA, Alemanha Federal, França, Inglaterra, Itália e Suécia (21.000 unidades de um total de 40.000 unidades) (22).

Essa empresa detinha, em 1981, 61,8% do mercado japonês, sendo que as três maiores empresas detinham 83,0% deste mercado. A parcela restante era dividida entre as empre

(22) UNCTAD, op. cit., p. 50.

sas fabricantes de MFCN que produziam seus próprios comandos (14,2%), importações (1,5%) e demais empresas (13%) (23).

Não há informações disponíveis referentes à concentração das indústrias norte-americana e européia de CN. Na Europa, a empresa líder é a Siemens, que produziu, em 1980, cerca de 3.000 unidades. A SMT e a Konsberg, da Escandinávia, tinham, no mesmo ano, escalas inferiores a 500 unidades. As empresas líderes nos EUA (Cincinnati Milacron, Allen-Bradley e GE) tinham escalas bastante inferiores à da Fanuc, o mesmo acontecendo com a Olivetti (Itália).

A maior concentração da indústria de CN em comparação com a de MFCN reflete a diferença na base técnica destas indústrias. As empresas fabricantes de CN têm origem na indústria eletrônica. A entrada nesta indústria é dificultada pela barreira representada por uma tecnologia nova e pela maior importância das economias de escala. Em primeiro lugar, há a mencionada importância da compra de componentes em larga escala e custos fixos elevados. Por outro lado, a venda dos comandos para as empresas de máquinas também se faz com descontos para grandes compras, trazendo vantagens tanto para os grandes fabricantes de CN's quanto para os grandes fabricantes de MFCN.

Em 1982, o custo direto de uma unidade de CN representava 30% de seu custo total, sendo o resto constituído pelo custo de software, vendas, manutenção e serviços. Isso possibilitava que a Fanuc obtivesse uma vantagem de preço próxima de 20% em relação aos seus concorrentes japoneses. Como

(23) Watanabe, S. - op. cit., p. 39.

a unidade de CN representa, em média, 25 a 30% do total da MFCN, a obtenção de economias de escala na sua produção gera importantes diferenciais no preço das máquinas (24).

2.2.2.2. Os Determinantes da Liderança Japonesa

Para explicar adequadamente a liderança japonesa na produção e exportação de MFCN, é necessário mostrar que tal domínio envolve dois aspectos fundamentais: a tecnologia de produto e a tecnologia de processo. É pela combinação de um produto simples e padronizado, de um lado, com um processo produtivo automatizado, de outro, que se estabeleceu a maior produtividade japonesa em MFCN.

Tecnologia de Produto

A ascensão da indústria japonesa de MFCN está associada ao surgimento do CN com base no microprocessador. Em 1976, a Fanuc desenvolveu um CN microprocessado confiável e barato, mesmo ano em que a Siemens (Alemanha Federal) lançou um produto semelhante. As empresas líderes na fabricação de CN nos EUA (GE e Allen Bradley), no entanto, só introduziram comandos microprocessados nos anos 1979/80, premidas pela concorrência japonesa, já que relutaram em abandonar o uso de CN

(24) Idem, pp. 37-40.

"hard wired".

Enquanto a relação entre os fabricantes de CN e a indústria de MF mostrou-se problemática tanto nos EUA quanto na Europa, levando várias empresas de MF a desenvolver comandos próprios, o comando desenvolvido pela Fanuc teve grande aceitação no segmento de MF de uso geral (principalmente para tornos e centros de usinagem) tanto no Japão quanto na Europa e nos EUA (25).

A penetração das MFCN japonesas nos mercados externos concentrou-se em tornos e centros de usinagem (como visto acima) simples e baratos, geralmente usando memórias do tipo ROM (software padronizado) que simplificam a programação para o usuário. Ao conquistar parcelas expressivas dos mercados externos de indústrias não-militares, ao mesmo tempo que crescia a difusão da MFCN nas pequenas e médias empresas no mercado interno, os fabricantes japoneses de MFCN e de CN passaram a beneficiar-se de vantagens competitivas em função das escalas de produção maiores.

É curioso notar que a tecnologia norte-americana em CN é reconhecidamente superior à dos demais países, no caso de MFCN sofisticadas e de grande porte destinadas à indústria aeronáutica, equipamento militar e outros produtos especializados (26), o que é explicado pela trajetória do desenvolvimento da tecnologia do CN nos EUA, intimamente ligada ao setor de defesa.

Como já visto, o desenvolvimento da tecnologia de

(25) Ver, sobre esse ponto, Sciberras, E. e Payne, B.D., op. cit., pp. 40-41.

(26) Ver USITC, op. cit., p. 103.

CN começou nos EUA no fim dos anos cinquenta, por meio de um programa financiado pela Força Aérea. Priorizando a obtenção de máquinas mais precisas, as empresas tinham permissão para repassar os custos aos preços de acordo com o "custo histórico" (o custo passado), tendo garantia de demanda por parte do Departamento de Defesa. A preocupação com a redução dos custos ficou em segundo plano, ao mesmo tempo em que se elevaram as reivindicações para aumento do protecionismo. A forte articulação entre a indústria de MFCN norte-americana e o Departamento de Defesa é expressa pelo fato de o Pentágono ser o maior proprietário individual de máquinas-ferramenta nos EUA (103 mil unidades, em 1981) (27).

A produção em grande volume de produtos mais simples confere uma enorme vantagem competitiva à indústria japonesa. No caso de tornos com comando numérico, a comparação entre o preço do produto norte-americano e o importado (CIF) indicava que o último era de 20 a 40% mais barato. No caso de centros de usinagem, a dispersão é maior para cada tipo de produto, mas para alguns destes o produto importado chegava a ser até 44% mais barato (28).

A produção em série permitiu aos japoneses formarem grandes estoques de máquinas-ferramenta nos EUA, possibilitando atender rapidamente os pedidos. Enquanto MFCN japonesas podem ser entregues em uma semana, o atendimento aos pedi

(27) Melman, S. - "How the Yankees Lost Their know-how", in Technology Review, v. 86, nº 7, 1983.

(28) Ver USITC "Competitive Assessment ...", op. cit., pp. 105-109. Cabe ressaltar que estes dados sofreram a influência da conjuntura do dólar valorizado, revertida a partir do final de 1985.

dos feitos à indústria norte-americana de MF pode demorar até 16 meses, uma vez que esta opera principalmente por meio da produção sob encomenda (29).

Tecnologia de Processo

O sucesso competitivo da indústria japonesa de MFCN deve-se também à preocupação de projetar produtos passíveis de serem fabricados em processos automatizados (30).

Para tanto, os fabricantes japoneses buscaram constituir MFCN padronizados e modulares, atendendo as especificidades dos clientes por meio de periféricos e SFW, mas nunca no HRW.

Os custos da produção automatizada são maiores no curto prazo, alongando o retorno da inversão em relação à produção não automatizada (com base em MF convencionais). Para automatizar, é necessário que a empresa tenha um planejamento de longo prazo que não priorize os lucros imediatos.

No Japão, o planejamento estratégico é facilitado pelo fato de muitas empresas de MF pertencerem a grandes conglomerados, contrariamente ao caso das empresas americanas e européias. Sciberras e Payne constataram que o horizonte de planejamento das empresas de MF japonesas chega a dez anos, enquanto que na Europa e EUA os planos abrangem em geral de dois a três anos, sendo que muitas empresas abandonaram o pla

(29) Ver Technology Review - v. 86 nº 7, 1983, p. 59.

(30) Baseamo-nos, neste ponto, na análise de Sciberras, E. e Rayne, B.D. - op. cit.

nejamento com a crise dos anos 80. As empresas européias e americanas, ademais, priorizavam no período recente a busca de novos clientes, via produção sob encomenda, como forma de melhorar a performance dos lucros no curto prazo, dada uma maior dependência do financiamento por bolsas de valores.

Por pertencerem a grandes grupos com atividades nas áreas de mecânica e eletrônica, a produção de MFCN no Japão tem se beneficiado pela fertilização cruzada entre estas duas tecnologias gozando, ainda, de mercados cativos intra-empresa que possibilitam importantes ganhos de aprendizado para desenvolvimentos futuros.

As empresas japonesas têm, ainda, gastos em P & D mais elevados (de 4 a 8% das vendas) que as congêneres européias e americanas. E enquanto os gastos em P & D nos EUA e Europa voltam-se majoritariamente para o desenvolvimento de novos produtos (em geral, sob encomenda), as empresas japonesas dão atenção, em pé de igualdade, ao aprimoramento da tecnologia de processos, contando também com o concurso de pesquisas cooperativas inter-empresas.

A partir dos dados da tabela X vê-se que o notável crescimento da produtividade aparente da indústria de MF japonesa não foi acompanhado pelos fabricantes dos demais países. A quase triplicação da produtividade japonesa reflete a adoção intensa de processos produtivos automatizados.

Cabe lembrar, no entanto, que a automação no setor de MF é de difícil consecução no segmento de MF especiais (em geral produzidas sob encomenda) ao menos que se procure padronizar (ou modularizar) o produto final. A automação também exige dos fabricantes de MF de uso geral escalas mínimas

de produção. Segundo Sciberras e Payne, a automação da produção de tornos de pequeno e médio porte exigiria uma escala mínima de 60 a 70 unidades/mês, número que se eleva para máquinas de maior porte, e que deve atuar no sentido de estimular a concentração neste setor.

2.2.2.3. Estratégias de Concorrência

O sucesso da competitividade japonesa fundou-se, como visto, na produção automatizada de tornos e centros de usinagem seriados, demandados principalmente pela indústria automobilística e autopeças.

Atualmente, muitas empresas japonesas têm procurado diversificar sua linha de produtos basicamente procurando capacitarem-se para a produção de sistemas mistos (DNC, FMS) que exigem, muitas vezes, tipos diversos de MF (31).

A partir de MF de uso geral, os japoneses tem conseguido sucesso na produção de FMS para a indústria automobilística e aeroespacial, ocupando o espaço dos fabricantes de MF específicas (caso das linhas "transfer").

Adicionalmente, as empresas japonesas tem procurado formar "joint-ventures" (e "take-overs") com empresas americanas e européias para penetrar no segmento de MF especiais, que exige uma maior proximidade dos clientes. Ao mesmo tempo, as empresas japonesas vêm abandonando a produção de

(31) Watanabe, S. - op. cit.

MF convencionais em função da pressão competitiva dos países do leste asiático (principalmente Taiwan) (32).

A concorrência das importações japonesas tem levado algumas empresas americanas a buscarem capacitação em MFCN padronizadas de uso geral, o que também se explica pela necessidade de buscar capacitação em FMS. No entanto, o que se observa no curto prazo é que muitas empresas norte-americanas tem importado parcelas crescentes de partes e componentes da MFCN e, mesmo, passarem a comercializar máquinas importadas, abandonando a produção (33).

A tendência de deslocar a produção de MF convencionais para países de industrialização recente (especialmente na Ásia) é também uma tendência da indústria norte-americana, em busca de menores custos e acesso a mercados externos (34).

As empresas européias e americanas de MF especiais, por outro lado, vem enfrentando a ascensão japonesa por meio de uma estratégia defensiva, procurando refúgio nos "nichos" do segmento de MF especiais, intensificando a produção sob encomenda.

Sciberras e Payne alertam para as conseqüências desastrosas dessa estratégia, em função de três fatores: em primeiro lugar, a incompatibilidade da produção sob encomenda com a automação, ao separar as atividades de projeto e manufatura; em segundo lugar, a tendência de surgimento de novos

(32) Ver Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., Cap. 5.

(33) Ver Melman, S. - op. cit., p. 64.

(34) Ver U.S. Industrial Outlook, 1984, pp. 20-21.

materiais compostos (pp. na indústria aeronáutica) e a substituição de componentes mecânicos por eletrônicos (caso da indústria de relógios), que tendem a reduzir as necessidades de usinagem por meio de MF especiais; e, por último, a tendência das empresas padronizarem seus processos produtivos, substituindo o uso de MF especiais por MF de uso geral (como a já citada tendência de substituição de "linhas transfer" - feitas sob encomenda - por FMS, no caso da indústria automobilística) (35).

2.2.3. Tendências Tecnológicas

Com cerca de dez anos de difusão intensa (a partir do CN com base em microprocessadores), a MFCN é o equipamento de automação mais amplamente utilizado nos processos manufatureiros, especialmente no caso de tornos e centros de usinagem.

As tendências de desenvolvimento no plano da tecnologia ligam-se à resolução de problemas relacionados à evolução da trajetória tecnológica da automação flexível (no sentido da automação por integração), bem como buscam melhorar a eficiência da MFCN atuando isoladamente.

Considerando a MFCN atuando isoladamente, é possível detectar inovações tanto referentes ao HRW e SFW da unidade de CN, quanto na parte mecânica da MFCN.

(35) Ver Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., caps.11-12.

No caso da unidade de CN, prevê-se a incorporação de microprocessadores de 32 bits em substituição aos de 16 bits ora utilizados, elevando a rapidez de resposta da máquina.

No tocante ao SFW, a ênfase está no aumento da interatividade com o operador (programação manual, comunicação oral) permitindo maior facilidade de programação. Este é um requisito fundamental para a difusão da MFCN entre pequenas e médias empresas, ao reduzir a necessidade de constituição de uma infra-estrutura de apoio complexa.

Os avanços (em termos de HRW e SFW) obtidos com relação à unidade de CN vêm viabilizando uma série de inovações na parte mecânica das MFCN no sentido de reduzir os tempos secundários e o tempo de usinagem, bem como melhorar a precisão e confiabilidade do equipamento. Na Feira Industrial de Hannover (Alemanha Federal) de 1985, observou-se (36) : MFCN com dois ou três cabeçotes de ferramentas que, ao atuarem simultaneamente, reduzem o tempo de usinagem; o uso de ferramentas ativas (com eixo de movimento próprio), permitindo cortes não-simétricos em tornos; a rotação em alta velocidade da mesa, tornando possível operações de torneamento em centros de usinagem; sistemas de troca automática de ferramentas, com dispositivos de pré-posicionamento, ligados a grandes "magazines" de até 150 ferramentas; uso de ferramentas mais resistentes. No caso do controle de qualidade, tende-se à adoção de sistemas de medição eletrônica da peça, bem como ao emprego de sensores de posicionamento (37).

(36) Com base no relato de Stemmer, C.E. - op. cit., pp. 8-10.

(37) Ver também Tauile, J.R. - "Automação ..." - op. cit., p. 64.

No caso da automação por integração (gerando o FMC, FMS), observou-se na feira de Hannover que as MFCN estavam em geral associadas a sistemas de carga e descarga automáticas das peças, em geral manipuladores simples. Notou-se, ainda, o emprego de sistemas de controle integrados, envolvendo desde o estoque de matérias-primas, ferramentas até a seqüência de operações com simulações da usinagem. O desenvolvimento de soluções economicamente viáveis para os FMS e o CAD/CAM depende fundamentalmente de avanços na área de SFW, que possivelmente só estarão disponíveis ao final do século (38).

As tendências tecnológicas ligam-se a dois tipos de demanda por MFCN. Em primeiro lugar, o uso da MFCN isolada em pequenas e médias empresas que apresentam lotes pequenos e variados de produção; este é o mercado mais amplo por MFCN, estimulado ainda pelas tendências recentes (especialmente no caso do Japão e Itália) de descentralização da produção.

Ao nível das grandes empresas, o emprego da MFCN isolada gera estímulos a intensificar a automação dos demais elos da cadeia de produção, exigindo que os fabricantes desenvolvam equipamentos passíveis de integração com outros EAM, criando a referida Manufatura Integrada por Computador.

Um último desenvolvimento tecnológico previsível que afeta (negativamente) a indústria de MF é a tendência de substituição do uso de metais, em certos produtos, por novos materiais.

No caso da substituição do metal pelo plástico,

(38) Idem, Ibidem.

isso vem gerando uma tendência das empresas fabricantes de MF diversificarem sua produção, fabricando máquinas de injeção de plástico, com algumas empresas inclusive abandonando a produção de MF (39). O uso de materiais compostos e da cerâmica, no caso da indústria aeronáutica e automobilística, tende a reduzir drasticamente as necessidades de usinagem por meio de MF, introduzindo novas técnicas de corte sofisticadas (tais como a eletroerosão, corte a laser). Acrescenta-se a isso a tendência de substituição de componentes mecânicos por eletrônicos.

O trabalho com materiais compostos envolve gastos de P & D elevados, com tendência a se gerar uma estrutura produtiva fortemente concentrada a nível mundial (40), com barreiras a entrada elevadas para empresas de MF de porte pequeno e médio.

2.2.4. Papel das Políticas Públicas

O apoio das políticas industrial e tecnológica cumpre um papel decisivo para a produção e difusão de uma tecnologia nova como o comando numérico, que envolve gastos elevados em P & D e um produto final de alto valor unitário, principalmente nas etapas iniciais da produção.

(39) Ver Real, B. - op. cit., p. 40.

(40) A tecnologia de novos compostos é atualmente dominada por duas empresas americanas do setor de MF. Ver Sciberras, E. e Payne, B.D. - op. cit., p. 148.

As políticas adotadas nos diversos países podem ser divididas em três tipos: políticas de estímulo à capacitação da indústria fabricante (oferta); políticas de apoio à difusão dos equipamentos (demanda); e medidas institucionais de regulação (controles de importação, de fluxos tecnológicos, estabelecimento de normas).

A tecnologia do CN, ao se aplicar a um produto já existente, a MF, muitas vezes se beneficia de políticas de âmbito geral, como políticas de apoio à formação de capital ou voltadas para a indústria de MF como um todo. Portanto é necessário distinguir políticas que se voltem especificamente para a difusão do CN (41).

2.2.4.1. Políticas de Estímulo à Indústria

A colaboração do Estado no esforço de P & D das empresas é a forma mais comum de apoio à indústria de MFCN. Esse apoio se dá através da concessão de créditos subsidiados às empresas ou pela participação de instituições de pesquisa e universidades públicas em pesquisas próprias ou em associação com empresas. No caso dos EUA, Japão e principais países produtores europeus (Alemanha Federal, Reino Unido, França e Suíça) há programas especificamente voltados para o desenvolvimento do CN, uma vez reconhecida a importância estratégica desta inovação. O desenvolvimento de capaci-

(41) Baseamo-nos, nesta seção nas informações do relatório da USITC "Competitive Assessment...", op. cit., exceto quando outras fontes são citadas.

tação própria para a produção de CN também existe em países de industrialização recente, como Taiwan, onde comandos para fresas e furadeiras foram desenvolvidos com o apoio governamental.

No caso do Japão, os incentivos a gastos em P & D incluem um crédito fiscal de 25% para empresas que efetuam anualmente gastos crescentes em P & D. Adicionalmente são concedidos créditos fiscais para empresas que efetuam pesquisas cooperativas.

A existência de linhas de crédito específicas para investimento em projetos ligados a MFCN, a juros mais baixos, se dá tão somente no Japão e no Reino Unido. Nos demais países mencionados (EUA, Alemanha Federal, Itália, Suíça, Espanha, Taiwan e Coreia) só existem fundos para a indústria de MF ou mecânica em geral. Na França, após 1981, surgiram programas de capitalização das empresas de MF ligados ao desenvolvimento do CN.

A garantia da demanda por meio de compras estatais de MFCN existe no caso dos EUA, desde que se trate de um produto estratégico para o setor de defesa. No caso da França, as empresas estatais são orientadas para comprar MFCN nacionais. Nos demais países, não há referência a tal política.

As exportações de MFCN, em geral, utilizam-se de apoio creditício fornecido pelas instituições que já atuam no setor (EXIMBANK, Japan Export and Import Bank) sem apoio específico no caso dos países estudados.

Há poucas referências a políticas de estímulo à concentração industrial no caso de MFCN. A orientação de esti

mular a concentração e especialização da indústria de MF e MFCN japonesa, prevalecente nos anos setenta, foi revertida no final da década (42). Na França, após 1981, as indústrias de MF mais débeis vêm sendo estimuladas a concentrarem-se e especializarem-se, com o objetivo de melhorar a capacitação técnica na área do CN. Não há informações disponíveis sobre políticas que estimulem a integração vertical das empresas de MFCN.

2.2.4.2. Políticas de Estímulo à Difusão

A difusão de MFCN é geralmente apoiada com linhas de crédito específicas a juros mais baixos. Tais linhas de crédito existem no Japão, Reino Unido, França e Itália, não havendo referência no caso dos demais países.

A ação estatal também se faz presente por meio de incentivos à formação de associações de empresários, financiamento de consultoria para introdução de MFCN (Inglaterra), financiamento de feiras nacionais e internacionais, que visam divulgar a tecnologia do CN, o que ocorre em diversos países.

2.2.4.3. Medidas Institucionais de Regulamentação

Não consta da bibliografia a existência de barreiras

(42) Watanabe, S. - op. cit., p. 47.

ras institucionais à transferência de tecnologia ou de capital entre os países desenvolvidos. No caso de Taiwan, o governo tem o poder de vetar "joint-ventures" com empresas estrangeiras, o que efetivamente ocorreu em 1982, com a rejeição da instalação da Fanuc.

Barreiras não-tarifárias, como guias de importação e lei do similar, são mais típicas dos países em desenvolvimento, como Coréia, Taiwan, Brasil, México e Índia, mas também existem no caso do Japão e França.

No caso dos EUA, a Associação dos Produtores de MF vem, recentemente, defendendo o controle quantitativo das importações de MF (um limite de 17% do consumo doméstico, cerca de metade do percentual existente) como única maneira de reverter o "estado desastroso" da indústria frente à concorrência externa (43).

No caso dos EUA, existem restrições às exportações para países socialistas; e a exportação de MF pode não receber créditos de exportação se se considera que a máquina, no exterior, será usada na fabricação de um produto que concorrerá com a indústria dos EUA.

O Japão vem sofrendo pressões, principalmente por parte da Europa, para adotar restrições voluntárias às exportações de tornos com CN e centros de usinagem. O governo japonês tem um sistema de preços mínimos de exportação, que atingiu as exportações de tornos com CN e centros de usinagem para os EUA e Canadá, a partir de 1978, e para a Europa,

(43) Lowenstein, F. - "Machine Tools: The NAE Report", in Technological Review, v. 86, nº 7, outubro 1983, p. 60.

a partir de 1981. Em dezembro de 1982, o MITI determinou a elevação do preço mínimo de exportação para esses tipos de máquinas.

Há poucas referências quanto ao estabelecimento de normas. Nos EUA, o National Bureau of Standards atua na área de metrologia mecânica. No caso da Europa, a Comunidade Européia vem efetuando esforços no sentido de standardização de inter-faces entre máquinas, sistemas de controles e operadores.

2.3. Robôs Industriais

O estudo do processo de produção e difusão internacional de robôs industriais é bastante dificultado (em comparação ao segmento de MFCN) pela falta (e, naturalmente, dificuldades de acesso) de estudos internacionais mais atualizados. Ainda, veremos que as informações disponíveis são muitas vezes conflitantes, por problemas definicionais e de amostragem.

2.3.1. Produção e Mercado

2.3.1.1. População e Produção

Foram encontradas, na bibliografia pesquisada, diver

sas estimativas quanto à população mundial de robôs industriais. A mais atual vai até o ano de 1983 e é apresentada na Tabela 2.5. a seguir. Nesta tabela, o número de robôs no Japão exclui os manipuladores manuais e de seqüência fixa, compatibilizando-o com as estimativas para os demais países. Nota-se a enorme liderança do Japão na difusão deste equipamento, alcançando cerca de 40% do estoque mundial. Os EUA colocam-se em segundo lugar, sendo superados pela soma dos países europeus. A difusão em outros países (inclusive o bloco socialista) é pequena, sendo mínima nos países subdesenvolvidos.

Uma outra estimativa para a população de robôs, (que aparentemente superestima a participação japonesa) inclui o bloco socialista, que responderia, em 1981 por 14,5% do parque instalado mundial, conforme mostra a Tabela 2.6.

Com o maior parque instalado o Japão também é o maior produtor mundial de robôs; em 1980, o Japão vendeu 19.700 robôs segundo a definição ampla, e 3.200 robôs reprogramáveis, de acordo com a Tabela 2.7.

Na Tabela 2.8 apresenta-se os dados de produção de robôs para os quatro maiores produtores mundiais (exceto URSS) em 1982.

A produção japonesa supera largamente os seus concorrentes mais próximos; entretanto, o dado para a produção japonesa parece superestimado (mesmo retirando os manipuladores não-reprogramáveis) não sendo compatível com as estimativas de adição do estoque para 1982 (ver Tabela 2.5). Acredita-se que, mesmo se superestimada, a produção japonesa se-

ja significativamente superior à dos demais países (44).

TABELA 2.5.

POPULAÇÃO DE ROBÔS EM PAÍSES SELECIONADOS (UNIDADES)

	1981	1982	1983
Japão	10.000	13.000	16.500
EUA	5.000	6.250	8.000
RFA	2.300	3.500	4.800
Suécia	1.700	1.300 ^(*)	4.800
Reino Unido	713	1.152	1.753
França	600	950	2.150
Itália	450	700 ^(**)	1.800
Outros Países	1.500	1.550	2.000
Total	22.263	28.402	38.853

(*) Segundo a Swedish Computers and Eletronics Comission, a população de robôs seria de 1.600 a 1.700 unidades na Suécia em 1982.

(**) Segundo a Sociedade Italiana para Robôs Industriais (SI-RI), havia 1.200 robôs programáveis na Itália em 1982.

FONTE: Nações Unidas - Economic Comission for Europe - Production and Use of Industrial Robots - New York, 1985, p. 42.

(44) Em 1984, a produção de robôs alcançou o valor de US\$ 1.130 milhões no Japão contra US\$ 320 milhões nos EUA. Ver: Electronics Week, 23.07.85, pp. 80-81.

TABELA 2.6.

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE ROBÔS EM ÁREAS
E PAÍSES SELECIONADOS

Países/Área	1981 (Unidades)	(%)
Japão	14.232	57,5
EUA	4.109	16,6
Europa Ocidental	2.822	11,4
URSS	2.995	12,1
Europa Oriental (exceto URSS)	594	2,4
Total	24.752	100,0

FONTE: ONU - ECE - op. cit., p. 43.

TABELA 2.7

JAPÃO - VENDAS DE ROBÔS
(1980)

Tipo	Unidades
Manipulador Manual	1.500
Seqüência Fixa	15.000
Seqüência Variável	1.800
Robô "Playback"	900
Robô CN	150
Robô Inteligente	350
Total	19.700

FONTE: Hunt, V.D. - op. cit., p. 292.

TABELA 2.8

PRODUÇÃO DE ROBÔS EM PAÍSES SELECIONADOS

1982

País	Unidades
Japão	9.747
EUA	2.585
RFA	1.600
Suécia	912

FONTES: Japão - Stemmer, E.C. - Equipamentos de Automatização Industrial - 2º CONAI - São Paulo, 1985. Para estimar o número de robôs de seqüência variável, incluída no total, usou-se a mesma percentagem sobre o total da Tabela 2.7 da página anterior. A produção japonesa em 1982 totalizou 21.744 robôs se incluídos os manipuladores manuais e de seqüência fixa.

EUA - USITC - op. cit., p. 12.

RFA e Suécia - ONU/ECE - op. cit., pp. 62 e 67.

2.3.1.2. Fluxos de Comércio

O padrão de comércio internacional em robótica é extremamente variado de país a país, conforme mostra a tabela XI.

De um lado, existem países que, em virtude das pequenas dimensões de seus mercados internos, apresentam elevados coeficientes de importação e exportação com produção especializada em um ou outro segmento de mercado; é o caso da

Suécia, e também da Noruega (também exportador líquido), país onde um fabricante (Trallfa) forneceu via exportação ou licenciamento 80% dos robôs de pintura adquiridos em 1982 em todo o mundo (45).

Itália, RFA e EUA têm coeficientes de exportação moderados, sendo os dois últimos exportadores líquidos. OS EUA, apesar de um consumo interno maior que a produção, em unidades, tem uma balança favorável em termos de valor (cerca de US\$ 5 milhões). Este valor é bastante inferior ao de 1980 (US\$ 16,5 milhões) indicando a erosão da competitividade externa americana em robótica. Ainda, os EUA tem se tornado crescentemente dependentes de importações de partes e componentes de robôs (US\$ 15,2 milhões em 1983, estimado) o que representaria 52% da estimativa de importação de robôs completos para aquele ano, contra 3% em 1979 (46). A elevação da importação de partes e componentes de robôs reflete o crescente recurso das empresas americanas ao licenciamento de tecnologia estrangeira (principalmente japonesa), ponto a ser retomado no tópico 2.3.2.3. a seguir.

Os demais países europeus são importadores líquidos de robôs, incluindo a França e Reino Unido. Considera-se que a Europa como um todo é importadora líquido de robôs.

No caso da Europa Oriental, os fluxos de comércio permanecem dentro da região, embora também existam importações oriundas do Japão e Europa Ocidental (47).

(45) ONU/ECE - Production and Use of Industrial Robots - Economic Commission for Europe - Nações Unidas - New York, 1985, p. 79.

(46) USITC - "Competitive Position ..." - op. cit., p. 35.

(47) ONU/ECE - op. cit., p. 80.

O Japão, maior produtor mundial de robôs industriais, exportava em 1981 tão somente 3% de sua produção (48). Estima-se, contudo, que este percentual tenda a alcançar entre 15 a 20% até 1990 (49) em função da elevação dos acordos de licenciamento de tecnologia de empresas japonesas para empresas americanas e européias, implicando em importações de robôs completos (e também de partes e componentes) por parte das últimas.

2.3.1.3. Difusão por Tipo

A Tabela XII apresenta as principais aplicações dos robôs instalados em países selecionados, mostrando diferenças significativas.

No caso do Japão, observa-se a grande concentração em robôs de carga e descarga de MF (como no caso da Suécia), indicando uma maior presença de células flexíveis (FMC).

Estes são em geral manipuladores manuais ou seqüenciais (fixos ou variáveis), que em 1980 respondiam por mais de 90% dos robôs instalados no Japão, conforme a definição ampla. Usados principalmente na carga e descarga de prensas, máquinas de fundição e injetoras de plástico, a utilização destes manipuladores mostra que as técnicas de automação

(48) Idem, p. 79.

(49) Hunt, V.D. - Industrial Robotics Handbook - Industrial Press Inc., New York, 1983, p. 293.

nem sempre necessitam ser muito sofisticadas (50).

Outra característica que diferencia a difusão de robôs no Japão dos demais países é a participação elevada de robôs de montagem. Estes robôs são intensamente empregados na montagem de componentes eletrônicos (51) (especialmente na produção de bens de consumo) indicando a ligação entre a produção de robôs e os demais segmentos do "complexo eletrônico" (ver seção 1.3.1. acima).

Já no caso dos EUA e RFA, há uma maior concentração em robôs de solda (principalmente a ponto) e de pintura, de larga utilização na indústria automobilística e de tecnologia mais simples, se comparados aos robôs de montagem.

2.3.1.4. Setores Demandantes

A indústria automobilística é a maior usuária de robôs nos principais países usuários, com exceção do Japão. Esta indústria é grande usuária de robôs de solda a ponto, pintura, carga e descarga e manipulação, de tecnologia mais simples. Robôs de solda a arco e de montagem são pouco difundidos, exigindo ainda maiores avanços nos sensores (visão e

(50) Ver, sobre este ponto, Stemmer, C.E. - op. cit., pp. 15-16.

(51) Sobre o papel dos robôs de montagem na indústria eletrônica de consumo, ver: Baptista, M.A.C. - Caracterização e Principais Tendências do Setor a Nível Internacional: Condicionantes Impostos ao Desenvolvimento da Indústria Eletrônica de Consumo no Brasil. Relatório Parcial - Convênio IE/UNICAMP - IEI/UFRJ - STI/MIC Campinas, Maio 1986.

to) (52).

Na indústria aeronáutica e espacial, há uso de robôs de pintura, carga e descarga e transporte de materiais. Os robôs de solda tem pequena aplicação, em virtude do uso de rebites. Os robôs de montagem ainda dependem de avanços técnicos.

A indústria de material elétrico/eletrônico, maior usuária de robôs no Japão (ver Tabela XIII), usa a maior parte dos robôs de montagem (principalmente para montagem de componentes), além de robôs de pintura, carga e descarga e de transporte.

Outros usuários importantes de robôs são as indústrias metalúrgicas e mecânica pesada (carga e descarga, usinagem, solda) (53).

2.3.2. Estrutura e Estratégias da Indústria de Robôs

2.3.2.1. Estrutura da Indústria

O primeiro robô produzido no mundo surgiu em 1961, fabricado pela empresa americana Unimation. A difusão desta nova tecnologia era limitada, no entanto, pelo seu alto custo e por não representar um equipamento estratégico para o setor

(52) Ver Hunt, V.D. - op. cit., p. 292 e Tauile, J.R. "O desenvolvimento ..." - op. cit., p. 34.

(53) USITC - "Competitive Position ..." - op. cit., pp. 3-5.

de defesa nos EUA.

Ao final dos anos 60 e início dos anos 70, cinco empresas japonesas licenciam tecnologia de empresas européias e americanas para a produção de robôs. O primeiro robô é lançado no Japão em 1969, produzido pela Kawasaki Heavy Industry, sob licença da Unimation.

Embora os primeiros robôs tenham sido construídos nos anos 60, a expansão desta indústria só passa a ser significativa nos anos 70, com o advento do microprocessador. Inicialmente desenvolvida por empresas da área de engenharia mecânica, a produção de robôs passa a atrair empresas de indústrias diversas: eletrônica, computadores, automobilísticas, como se vê no Quadro 2.1.

A indústria automobilística entra na produção de robôs como grande usuária, criando um mercado cativo e um processo de aprendizado no uso e fabricação. Como exemplo pode-se citar a GM, maior usuária de robôs dos EUA, que demanda a maior parte da produção de sua "joint-venture" com a Fanuc (ver tabela XV a seguir).

No caso das indústrias eletro/eletrônicas há um interesse em função de serem também usuárias potenciais de robôs de montagem sofisticados e, eventualmente, de produzirem componentes eletrônicos que podem lhe dar uma capacitação mínima para fabricar o comando do robô. Alguns grandes conglomerados da área eletrônica, como a IBM e a GE, que recentemente ingressaram na área de robótica, têm interesse em estágios mais avançados de automação da manufatura (FMS e CIM); estas empresas entram licenciando tecnologia (em geral do Japão), importando componentes ou efetuando "take-overs" de empresas existentes.

QUADRO 2.1

ORIGEM INDUSTRIAL DOS FABRICANTES DE ROBÔS

Europa Ocidental	EUA	Japão
Automobilística		
Volkswagen (RFA)	G.M./Fanuc	Toyota
Fiat Comau (IT)		
Renault (FR)		
Volvo (SUE)		
Maquinaria Elétrica, Eletrônica e Computadores (e Conglomerados da Área Eletrônica)		
Asea (SUE)	I.B.M.	Hitachi
Olivetti (IT)	Unimation/Westinghouse	Matsushita
Siemens (AL.)	G.E.	NEC, Fujitsu
Dea (IT)		Fanuc, Mitsubishi
Engenharia Mecânica: M.f., Manipuladores, Processo, Etc		
Kuka (RFA)	Cincinnati Milacron,	Kawasaki
Trallfa (NOR.)	Bendix, Prab Robotics	

FONTE: Tauile, J.R. - op. cit., p. 30.

As empresas da área mecânica, primeiras a entrar no mercado, parecem não ter condições de enfrentar as grandes empresas que possuem mercados cativos, devendo optar por uma estratégia de especialização (como o exemplo da Trallfa em robôs de pintura). Uma prova disto foi a compra recente da Unimation, líder do mercado americano, pela Westinghouse.

A indústria de robôs no Japão conta com cerca de 250 fabricantes, segundo a definição ampla, com 80 empresas

produzindo apenas para consumo interno. Conforme mostra a tabela XIV, em 1982 os 10 maiores fabricantes, controlavam menos de 50% do mercado. A empresa líder, a Matsushita, é a maior produtora de bens eletrônicos de consumo.

A relativa desconcentração da indústria japonesa de robôs industriais (se comparada, por exemplo, à concentração na produção de CN) é explicada pela necessidade de soluções sob encomenda para adaptar o robô às especificidades do processo produtivo do usuário. Embora a produção do robô possa ser seriada, a sua inserção na empresa usuária exige, na maior parte dos casos, investimentos em linhas de transporte automático dos materiais (por exemplo, carros magnéticos na indústria automobilística) que dificilmente podem ser padronizados. Desta forma, abre-se espaço para que pequenas e médias empresas penetrem em "nichos" de soluções especializadas, muitas delas a partir de sistemas desenvolvidos para o seu próprio processo produtivo (54) (ver o tópico 2.3.2.2. a seguir).

Já a indústria americana é mais concentrada, com os 10 maiores fabricantes ocupando 78,1% do mercado, conforme mostra a Tabela XV.

No caso dos países europeus, a indústria é ainda mais concentrada, refletindo o menor tamanho dos mercados nacionais. No caso da Alemanha Federal, os dez maiores fabricantes (Volkswagen, BMW, Bosch, Siemens, Kuka, Plaff, Roter Electric, VFW Fokker, Koenig e Reiss) respondem por 90% da produção.

(54) Aron, P.A. - Robots Revisited: One Year Later - Daiwa Securities - America Inc. Report nº 25 - Julho 1981, pp. 13-14

Nos demais países europeus, as empresas importantes são a ACMA/Renault (França), Olivetti, DEA e Fiat Comau (Itália), Trallfa (Noruega) e a ASEA, empresa responsável por 80% da produção de robôs na Suécia.

2.3.2.2. Estrutura de Custos e Estratégias Produtivas

A indústria de robótica é intensiva em atividade de P & D, tanto em relação ao HRW (mecânica e eletrônica) como em relação ao SPW, no caso de robôs sofisticados.

Em 1983, estimava-se que as empresas americanas gastariam US\$ 30 milhões em P e D, representando em média cerca de 19% das vendas (55). Ainda, dada a novidade da tecnologia, são consideráveis os gastos das empresas na divulgação (incluindo participação em feiras de fabricantes), comercialização e, principalmente, de montagem de uma rede de assistência técnica.

Apesar de intensiva em custos fixos, a produção de robôs permite possibilidades diversas de entrada a partir de três alternativas: a produção de robôs universais, de robôs específicos ou o fornecimento de sistemas completos ("turnkeys").

Os robôs universais são aqueles que, com troca de ferramentas e reprogramação, podem desempenhar várias funções

(55) USITC - "Competitive Position ..." - op. cit., p. 16. Este dado reflete, em parte, a queda nas vendas durante a recessão de 1983.

(solda, montagem, carga e descarga de MF). A produção de robôs universais permite ao fabricante obter economias de escala na fabricação. Mas isto só é possível se a empresa tem recursos para desenvolver (em termos de HRW, mas principalmente em SFW) vários aplicativos e se conta com mercados significativos para cada um deles, o que exige, freqüentemente, obter mercados externos.

A produção de robôs universais com vários aplicativos é, assim, a estratégia adotada por grandes empresas, o que pode ser visto na Tabela XIV para o caso do Japão. Ainda, as empresas passam a contar com escalas mínimas que viabilizam a automação da produção da parte mecânica, caso, por exemplo, da Fanuc japonesa que instalou uma unidade de produção de robôs com base em FMS.

As empresas de menor porte, não ligadas a grandes conglomerados, têm a opção de ingressarem na produção de robôs específicos, com apenas uma aplicação, ou concentrarem esforços no fornecimento de sistemas completos ("turnkeys") onde o robô é comercializado como parte de um pacote que envolve sensores, computadores, interfaces, equipamentos de processo, sistemas de transporte e outros (56).

É a extrema diversidade de aplicações do robô (linhas de montagens, processos mecânicos e eletrônicos), exigindo, na maior parte dos casos, sistemas produzidos sob encomenda, que explica a possibilidade de ingresso de pequenas e médias empresas na produção de robôs industriais. Muitas dessas empresas ingressaram na produção de robôs específicos

(56) Ver, a esse respeito, ONU/ECE, op. cit., p. 81.

(em alguns casos, para uso próprio) evoluindo posteriormente para o fornecimento de "turnkeys". A produção de sistemas completos permite à empresa incorporar às suas receitas o valor adicionado dos acessórios e gastos de instalação, que em muitos casos excede o custo do robô (57).

2.3.2.3. Estratégias de Internacionalização

A necessidade de elevar as escalas de produção coloca, tanto para os fabricantes de robôs universais como de robôs específicos, a necessidade de obtenção de mercados externos, para a diluição dos elevados gastos em P & D.

Esta estratégia é dificultada, no entanto, pelo fato do robô estar ligado a um sistema mais amplo produzido sob encomenda. A produção sob encomenda (tal como o caso já mencionado de MF especiais) exige uma maior proximidade entre fabricante e usuário, ao envolver gastos elevados em marketing e na montagem de uma rede de assistência técnica.

Desta forma, a estratégia preferencial adotada pelas empresas (principalmente no caso japonês) é o licenciamento de tecnologia, acordos de comercialização ou "joint-ventures". Para a empresa licenciadora, a vantagem é de diluir seus gastos em P & D (exportando robôs completos ou partes e componentes), utilizando a rede de assistência técnica da empresa licenciada; esta, por sua vez, não efetua gastos

(57) Ver Tauile, J.R. - "O Desenvolvimento ..." - op. cit., p. 22.

elevados em P & D, concentrando suas atividades em marketing e no fornecimento de sistemas completos.

No caso de "joint-ventures" (com ou sem participação acionária), as principais existentes são:

GM (EUA)/Fanuc (Japão)

Siemens (RFA)/Fanuc (Japão)

Cincinatti Milacron (EUA)/Dainichi Kiko (Japão)

Machine Intelligence Corp. (EUA)/Yaskawa Elec. (Japão)

Ransburg Corp. (EUA)/Renault (França)

Bendix (EUA)/Comau (Itália)

IBM (EUA)/Ilsag (Itália) (58)

Até 1982, existiam 37 acordos de comercialização de robôs produzidos por empresas japonesas, junto a empresas americanas (10), européias (21) e da Ásia (5, para Coreia do Sul e Taiwan), além de um acordo com a África do Sul. Empresas japonesas, ainda, licenciavam tecnologia para 12 empresas no exterior, sendo 3 americanas, 2 asiáticas e 7 européias (incluindo um acordo com o governo da Bulgária).

Inversamente, 6 empresas japonesas licenciavam tecnologia ou tinham acordos de comercialização com 8 empresas estrangeiras, sendo 4 européias e 4 americanas.

Em 1982, ainda, 6 empresas européias licenciavam tecnologia ou tinham acordos de cooperação com empresas americanas, sendo que estas exportavam tecnologia para 2 empresas européias e uma canadense (59).

(58) Ver ONU/ECE - op. cit., p. 82.

(59) Tauile, J.R. - "O Desenvolvimento ..." - op. cit., pp. 32-35 e USITC - "Competitive Position ..." - op. cit., p. 11.

É interessante observar que a indústria japonesa, que ingressou na produção de robôs por meio da importação de tecnologia americana, passa, ao final da década de 70, à condição de exportadora de tecnologia para empresas norte-americanas e européias.

Dado o custo elevado de instalar produção em outros países, poucas empresas instalaram subsidiárias em países estrangeiros. A ASEA (Suécia) parece ser a única empresa que adotou tal padrão de internacionalização (provavelmente aproveitando sua posição na área de material elétrico), com subsidiárias nos EUA, França, Espanha e Japão. Além dela, duas empresas americanas (Unimation e Cincinnati Milacron) tem subsidiárias no Reino Unido, provavelmente em função da pouca concorrência dos fabricantes locais (60).

2.3.2.4. Os Determinantes da Liderança Japonesa

A liderança da indústria japonesa de robótica é basicamente atribuída a duas ordens de fatores: as características estruturais dos fabricantes japoneses e o papel decisivo da política do governo japonês na área (ponto a ser aprofundado na seção 2.3.4 a seguir).

Os maiores fabricantes de robôs no Japão são firmas ligadas a grandes conglomerados com atividades diversificadas (automobilística, equipamentos elétricos, bens eletrônicos de consumo e outras). Isso permitiu que estas empresas

(60) ONU/ECE, op. cit., p. 80.

produzisse robôs universais com aplicativos diversos, possíveis de incorporação nos processos produtivos das empresas do grupo. Desta forma, as empresas fabricantes beneficiaram-se duplamente: de um lado, pela criação de mercados cativos, e de outro, pelos ganhos de aprendizado resultantes da experiência como usuárias de robôs.

A ampla difusão de robôs universais na estrutura industrial japonesa (estimulada pela política industrial) permitiu às empresas amortizarem rapidamente seus gastos em P & D, auferindo redução de custos em função das economias de escala, diluindo o custo da rede de assistência técnica. A produção em grande escala de robôs universais viabilizou, ainda, a automação da produção da parte mecânica de robôs.

O incentivo da política industrial japonesa também foi importante para que pequenas e médias empresas passassem a produzir robôs específicos e sistemas completos.

No caso da produção norte-americana, ambas as condições que impulsionaram a robótica no Japão não estavam presentes. De um lado, não houve uma política de apoio à produção e difusão de robôs, aparentemente por não se tratar de um equipamento estratégico para o setor de defesa; de outro, a origem dos fabricantes de robôs dos EUA era a indústria mecânica, que não é grande usuária de robôs.

Somente a partir dos anos 80 é que grandes empresas americanas ingressaram na produção de robôs, tanto para a incorporação desta tecnologia nos seus processos produtivos (caso da GM) como por estarem interessadas em estágios avançados da automação por integração (caso das indústrias eletrônicas - IBM, GE).

2.3.3. Tendências Tecnológicas

As tendências tecnológicas em robótica envolvem uma série de aspectos: desenvolvimento de sensores (visão e tato) para robôs sofisticados (pp. robôs de solda a arco e de montagem); o uso de comandos eletrônicos com maior poder de processamento; software; parte mecânica; e integração do robô em sistemas manufatureiros flexíveis.

A capacidade sensorial é fundamental para o desempenho de tarefas complexas como a montagem, onde o robô necessita reagir a mudanças nas condições de trabalho. Nesta área, as empresas americanas têm tecnologia superior à das japonesas (Hitachi e Matsushita), embora careçam de recursos para pesquisa (61).

Prevê-se para a próxima década o desenvolvimento de robôs com capacidade sensorial para efetuar tarefas de montagem mecânica, a serem empregados na indústria automobilística. O segmento de robôs de montagem tenderia a ser o mais dinâmico nos próximos anos, em substituição ao de robôs de solda.

Na área de comandos, espera-se a crescente utilização de microprocessadores de 32 bits, para dar maior capacidade de processamento, principalmente no caso de robôs dotados de sensores, que exigem capacidade de processamento em tempo real.

(61) Em 1984, a GM (maior usuária de equipamentos de visão artificial dos EUA) injetou capital em quatro empresas líderes do ramo de visão artificial. Ver, Fortune, setembro 1984.

Os desenvolvimentos acima mencionados exigem grandes avanços em termos de SFW, especialmente no caso da tecnologia de sensores. Os esforços também vão no sentido de padronizar as linguagens utilizadas, o que é necessário para interligar os robôs de fabricantes diferentes, permitindo a constituição de sistemas flexíveis de manufatura.

Na área mecânica, o principal desenvolvimento deve ser a incorporação de motores mais potentes e de baixo peso para aumentar a precisão e capacidade de carga dos robôs.

2.3.4. Políticas de Estímulo à Robótica

A política mais completa de apoio à produção e difusão de robôs industriais é sem dúvida a japonesa, coordenada pelo MITI (Ministry of International Trade and Industry).

Do lado da produção, são concedidos empréstimos (sem juros) para os fabricantes testarem novos robôs. As empresas recebem também subsídios para desenvolverem novos aplicativos para robôs. Com relação à difusão, o governo japonês organizou, conjuntamente com os fabricantes, uma empresa de "leasing" (a JAROL) de robôs, com taxas de financiamento baixas. Concede-se, ainda, a depreciação acelerada para usuários de robôs, existindo linhas de crédito subsidiadas para a difusão de robôs em pequenas e médias empresas.

As atividades de P & D envolvem conjuntamente as empresas, universidades e instituições de pesquisa, com o

MITI estimulando pesquisas cooperativas entre empresas. Buscando reduzir a dependência da tecnologia importada, iniciou-se em 1982 um projeto de 7 anos na área de robótica, envolvendo recursos da ordem de US\$ 18 milhões/ano, buscando capacitação na área de sensores, SFW e mecânica, enfatizando o desenvolvimento de robôs inteligentes para tarefas de montagem (62).

Os EUA, por sua vez, não tem uma política industrial definida. Os recursos alocados para P & D são majoritariamente fornecidos pelo Departamento de Defesa, Força Aérea e Marinha para universidades e instituições de pesquisa. As empresas beneficiam-se indiretamente destas pesquisas (63).

No caso da Alemanha Federal, o governo começou, no início dos anos 70, uma política de apoio à robótica, visando reduzir o "gap" existente em termos de produção e difusão em relação aos EUA e Japão. Desde 1974, o governo financiou 46 projetos na área de robótica, envolvendo US\$ 32 milhões. Atualmente, a pesquisa já atingiu o nível de estado da arte, envolvendo sensores e controles.

Nos demais países europeus, o apoio governamental se faz através de financiamento a atividades de P & D e de incentivo à difusão, sem uma estratégia de produção.

(62) Ver USITC, "Competitive Position ..." - op. cit., pp. 21-24 e Aron, P. - op. cit., pp. 16-17.

(63) USITC, "Competitive Position ..." - op. cit., p. 23.

2.4. Sistemas de CAD

2.4.1. Produção e Mercados

2.4.1.1. Parque Instalado e Mercado

A difusão do CAD em termos mundiais mostra um predomínio absoluto dos EUA; estimava-se em 1982 que os EUA detinham 71% dos sistemas instalados, contra 18% para a Europa e 11% para o resto do mundo (principalmente Japão) (64):

Na Tabela 2.9 abaixo, apresenta-se estimativas do parque instalado de sistemas de CAD para os maiores países usuários, exceto o Japão.

Apesar do número de equipamentos instalados não ser muito grande (cerca de 10.000 em 1982) o mercado de CAD em valor é significativo, visto ser um produto de alto valor unitário.

O mercado de CAD é geralmente estimado a partir das vendas dos fabricantes americanos de "turnkeys" (ver tópico 1.3.2.3. acima), que respondem por cerca de 90% ou mais das vendas de sistemas de CAD (65). Com vendas de US\$ 100

(64) Kaplinsky, R. - Microelectronics and Technical Change Revisited. Institute of Development Studies - University of Sussex, Março/1985 - Versão Preliminar.

(65) Kaplinsky, R. - "Computer ..." - op. cit., p. 129.

milhões em 1977 (66), os fabricantes de "turnkeys" passaram a ter taxas de expansão elevadas, conforme mostra a Tabela 2.10.

TABELA 2.9

**PAÍSES SELECIONADOS - ESTIMATIVA DO PARQUE INSTALADO
DE SISTEMAS DE CAD**

Países	Unidades
EUA (1982)	6.600
Inglaterra (1982)	620
França (1982)	562
Alemanha (1982)	375
Suécia (1982)	208
Itália (1982)	200
Noruega (1983)	70
Finlândia (1981)	50
Países em Desenvolvimento (1980)	44

FONTE: Arnold, E. Op. cit., p. 57; Kaplinsky, R. "Computer Aided Design ...", op. cit., p. 129; Koivula, K. Strategies for CAD/CAM Technology Transfer: Example from Finland, in Encarnação, J.L. et alii - "CAD/CAM as a Basis for the Development of Technology in Developing Countries" - SUCESU, 1981.

TABELA 2.10

ESTIMATIVA DO MERCADO "TURNKEY" DE CAD

	(US\$ Milhões)	Taxa de Crescimento (%)
1980	592	--
1981	894	51
1982	1.207	35
1983 (*)	1.600	33
1984 (*)	2.335	46

FONTE: Merrill Lynch, in Data News-Extra - Automação Industrial - Ano IX nº 244, set/1984, p. 20.

(*) Estimado.

Os fabricantes de "turnkeys" também enfrentam a concorrência de empresas que desenvolvem CAD para uso próprio. Estimava-se que em 1980 o mercado de CAD, incluindo os sistemas de uso próprio, alcançava US\$ 1 bilhão (67).

2.4.1.2. Fluxos de Comércio

O principal fluxo de comércio em CAD é dos EUA para Europa e Japão. Em 1980, seis grandes fabricantes americanos de turnkey exportavam em média cerca de 27% de suas vendas (cerca de US\$ 160 milhões), sendo 20% para a Europa e 7% para o resto do mundo (principalmente Japão).

(67) Idem, p. 13.

A penetração do mercado americano por firmas estrangeiras é desprezível, sendo que as empresas americanas dominam os mercados onde competem com empresas locais, via exportação.

Alguns países da Europa, que atuam em nichos de mercado, exportam parte considerável da produção, caso da Inglaterra e Noruega. Não há referências em relação a exportações por parte do Japão, ou de importações japonesas provenientes da Europa.

2.4.1.3. Setores Usuários

Conforme a Tabela XVI a seguir, a maior difusão de CAD nos EUA é na indústria mecânica, seguida da indústria elétrica e eletrônica e construção civil. Estimava-se em 1983 que o mercado de CAD na indústria mecânica seria o mais dinâmico até 1985, quando estaria relativamente saturado, ficando a liderança para o setor de eletro-eletrônica.

O peso crescente do uso do CAD na indústria eletrônica reflete a complexidade também crescente dos circuitos integrados, de um lado e a difusão dos "chips custom-made", de outro. Tais "chips" são comercializados semi-acabados, cabendo ao fabricante projetar e efetuar o acabamento final, de acordo com as necessidades do produto que fabrica. Os sistemas de CAD são também intensamente utilizados na indústria eletrônica, para projetos de PCBs (placas de circuito impresso) onde os "chips" são montados e conectados por solda.

2.4.2. Indústria

2.4.2.1. Estrutura de Custos

A indústria de CAD é intensiva em P & D; os fabricantes americanos de "turnkeys" gastam, em média, 10% da receita de vendas em P & D. Estes gastos dizem respeito principalmente ao SFW, uma vez que os fabricantes são em geral apenas montadores.

Os gastos em SFW podem ser pequenos se a empresa desenvolve um produto com apenas um aplicativo (de 20 a 40 pessoas/ano). Mas no caso de um CAD com vários aplicativos, o esforço de SFW é considerável e sequencial. Em 1980, os fabricantes americanos de "turnkeys" tinham um esforço de SFW acumulado entre 130 e 1000 pessoas/ano, envolvendo, em cada empresa uma média de 150 técnicos em SFW. Em 1983, a Computervision afirmava que seus produtos incorporavam 150 homens/século de trabalho em SFW (68).

Estima-se que o preço de um equipamento "turnkey" é composto em 30% de HRW, com o restante composto pelos "overheads" e SFW (69). Essa proporção deve ser menor no caso de um equipamento com apenas um aplicativo, principalmente se for para projeto em 2D (duas dimensões), como no caso de placas de circuito impresso ou circuitos iintegrados.

(68) Idem, pp. 22-24.

(69) Idem, p. 25.

Há um claro predomínio dos custos fixos na fabricação do CAD (aos quais acrescentam-se os gastos de assistência técnica e marketing), gerando fortes economias de escala, o que se expressa na grande concentração dos fabricantes americanos de "turnkeys". As economias de escala podem ser maiores se existirem descontos na compra de grandes lotes de componentes eletrônicos ou periféricos.

2.4.2.2. A Estrutura da Indústria de CAD

Como já visto, a indústria americana domina o segmento de CAD, sendo sua participação na produção mundial superior à de seu consumo interno. Trata-se de uma indústria extremamente concentrada; em 1983, conforme mostra a Tabela XVII, os sete maiores fabricantes detinham 85% do mercado de "turnkeys", enquanto 122 empresas disputavam o resto (70).

Conforme a Tabela XVII, a IBM tendia a assumir a liderança desse mercado em 1984, deslocando a Computervision. O crescimento da IBM roubou parcelas de mercado de quase todas as outras empresas grandes, à exceção da Intergraph.

No Japão, o mercado de CAD é dominado pelas exportações da Computervision, Calma, IBM e Applicon. No entanto, várias empresas japonesas da área de eletrônica e automação industrial entraram na produção de CAD, com interesse nas áreas de CAD/CAM e FMS, em geral licenciando tecnologia americana: Hitachi, Sharp (vende projeto para PCBs da DEC),

(70) Idem, p. 11.

Fujitsu (vende o software CADAM da Lockheed, concorrendo com a IBM), Daini Seikosha, Yokagawa Eletrical (vende o software da Gerber) e Kawasaki Heavy Industries (com sistema de CAD em desenvolvimento). Outras empresas japonesas ingressaram no mercado de periféricos para CAD (71).

Como já visto, o mercado europeu de CAD é dominado pelos vendedores americanos de "turnkey", em especial a Computervision, que em 1982 dominava os mercados da França, República Federal da Alemanha, Inglaterra, Suíça e Noruega. Destes países, a Inglaterra é a que tem a indústria mais desenvolvida em CAD, com uma série de empresas que se especializaram em um ou dois aplicativos (principalmente em CAD para placas de circuitos impressos - PCB): Racal, Quest, Compeda (recentemente adquirida pela Prime - EUA), Ferranti e CIS (adquirida pela Computervision).

A França não tem nenhum fabricante de "turnkey"; no entanto, o software para modelagem sólida é bastante desenvolvido, principalmente o EUCLID, comercializado pela Matra e o CATIA, da Dassault, que a IBM vende com seu "turnkey". A França também tem empresas pequenas na área de PCB, como a Secmai.

A Noruega, país que não tem grandes usuários de CAD, tem no entanto empresas que atuam em nichos do mercado e que exportam mais da metade da produção, como a Konsberg, ICAM e a Autokon. A Alemanha Federal, grande consumidora de CAD, apesar de ter menor penetração dos fabricantes americanos devido a normas técnicas, tem poucos fabricantes impor-

(71) Idem, p. 9.

tantes (Aristo e Siemens, com 10% do mercado em 1981). A Suécia não tem fabricantes de CAD (72).

2.4.2.3. Estratégias Competitivas: HRW e SFW

Sendo uma indústria intensiva em SFW, a estratégia das empresas de CAD envolve, essencialmente, o tipo e preço de SFW ofertado, o que se liga ao número de aplicativos. Por outro lado, as empresas também podem optar em produzir seu próprio HRW, ou comprá-lo de terceiros.

Software

Os dois maiores segmentos usuários de CAD (Indústria mecânica e eletrônica) apresentam requerimentos de SFW substancialmente diferentes. Em primeiro lugar, o SFW para projeto de circuitos integrados e de placas de circuito impresso é bidimensional e portanto mais simples, sendo compatível com um HRW de menor porte.

O SFW para modelagem mecânica, por outro lado, é tridimensional. Em sua versão mais sofisticada, a modelagem sólida (onde a peça é representada com noção de volume, permitindo calcular o material exigido), os requisitos de processamento podem exigir o uso de um "mainframe" (caso do SFW

(72) Idem, pp. 26 a 43.

Euclid, da Matra francesa).

Em segundo lugar, o SFW para modelagem mecânica gera informações para programação em CN (permitindo o CAD/CAM), o mesmo não ocorrendo com o SFW para componentes eletrônicos.

As empresas podem procurar especializar-se em um ou dois aplicativos, ou oferecer um produto multiaplicativo. A especialização é a estratégia da "small-league" (empresas americanas pequenas e européias) que em geral entram com aplicativos na área de placas de circuito impresso e circuitos integrados, permitindo um produto mais barato em termos de SFW e HRW.

Por outro lado, as empresas americanas de "turn-key" tendem a ofertar vários aplicativos, fazendo um produto de uso geral. Todas entram na área de modelagem mecânica e programação para CN, permitindo integrar o CAD dentro do sistema de informação e automação da empresa como um todo. Essas empresas constituem a chamada "big-league" (73).

Hardware

As empresas adotam basicamente três estratégias em relação ao HRW: em um extremo, podem só fornecer o SFW, deixando o HRW por conta do usuário; no outro, vendem um sistema "turnkey" (SFW, computador e periféricos). Uma estratégia intermediária é de fornecer o SFW e periféricos (como a mesa digitalizadora e vídeo) mas não o computador.

(73) Idem, pp. 14-15.

As empresas da "big-league" concorrem com a "small-league" oferecendo um produto completo (o "turnkey") em termos de HRW, e SFW multiplicativo (projeto de PCB, circuitos integrados, mecânica, engenharia civil, cartografia e outros). Uma das principais armas da concorrência é o "lock-in": dada a não compatibilidade dos equipamentos, um usuário que deseja expandir seu sistema fica atado ao mesmo fabricante.

As empresas pertencentes à "small-league" limitam-se a fornecer apenas o SFW, ou o SFW e periféricos compatíveis com o HRW de vários fabricantes (inclusive da "big-league").

Especializadas em SFW, as empresas da "small-league" tem obtido uma penetração crescente no mercado de CAD em função da diversificação dos setores usuários, muitas vezes só atendidos pela criação de novos aplicativos. Essa crescente diversificação dos usuários fez com que os fabricantes americanos de "turnkeys" passassem a admitir o emprego, em seus sistemas, de SFW produzido por terceiros.

Adicionalmente, as empresas especializadas que não produzem o HRW completo tem a vantagem de manterem-se atualizadas com os avanços da indústria de computadores, como por exemplo a introdução recente dos superminicomputadores de 32 bits.

A "big-league" vem sofrendo alterações significativas no período recente, principalmente em função da entrada de empresas fabricantes de computadores (Prime e IBM-EUA, Hitachi e Fujitsu-Japão). Estas empresas, em geral com atividades em outros segmentos de automação industrial, pro-

curam desenvolver o CAD dentro de uma perspectiva de integração com as demais atividades da empresa (FMS, CAD/CAM, CIM).

Beneficiando-se de sua liderança no segmento de computadores grandes("mainframes"), a IBM rapidamente alcançou a liderança de vendas de "turnkeys" (ver Tabela XVII), em bora seu faturamento em CAD representasse, em 1980, apenas 0,003% do faturamento da empresa como um todo. A IBM, ainda, tem o SFW mais sofisticado na área de projeto de circuitos integrados e computadores, mas não o comercializava para proteger seus conhecimentos (74).

A Intergraph, empresa que ao lado da IBM expandiu sua parcela de mercado no período recente, comercializa seus sistemas de CAD com HRW da Digital Equipment Corporation - DEC, compatível com os "mainframes" deste fabricante.

A resposta dos demais integrantes da "big-league" consiste em fabricar HRW compatível com "mainframes" (pp. IBM) e de oferecer maior número de aplicativos.

A Computervision, outrora líder absoluta do mercado, enfrentou grandes dificuldades para desenvolver um supermini de 32 bits, já que é uma empresa com atividades apenas na área de CAD. Recentemente, lançou um sistema compatível com o "mainframe" IBM. Ao mesmo tempo, adquiriu duas empresas européias: a CIS (Inglaterra) e a Grado (RFA), buscando diversificar seu SFW.

Outras empresas vêm seguindo a mesma estratégia: a Autotrol associou-se com uma empresa italiana, investindo pesadamente em SFW; e a Calma (G.E.) também está procurando

comercializar HRW da IBM (75).

Pode-se notar, assim, uma tendência a dois tipos de estratégias na indústria de CAD. De um lado, as empresas fabricantes de "turnkeys" com origem na indústria de computadores provavelmente consolidar-se-ão como líderes, ao ofertarem sistemas de CAD com vistas à integração com outras áreas/equipamentos das empresas.

A complexidade e crescente diversificação das necessidades de SFW para os setores usuários garantem, no entanto, um espaço para empresas fornecedoras de novos aplicativos (SFW) e de periféricos (HRW) para CAD (estações de trabalho, "plotters" etc).

Adicionalmente, o uso de microcomputadores em CAD, constituindo estações de trabalho independentes, tem crescido, representando novas oportunidades para o ingresso de empresas especializadas.

2.4.2.4. Estratégias de Internacionalização

Os fabricantes americanos de "turnkey" suprem seus mercados no exterior por meio de exportações, com exceção da IBM, que tem tradicionalmente atividades internacionalizadas. Recentemente, a Computervision manifestou interesse de instalar produção na Europa e Japão, dadas as perspectivas de maior crescimento destes mercados em relação ao ame-

(75) Ver Business Week - "How 'Big Blue' Colors Computer - Aided Design", 07/05/84.

ricano (especialmente o japonês). Dada as vantagens de fretes e tarifas, a expectativa é de que as outras empresas da "big-league" seriam forçadas a fazer o mesmo; as empresas que não tiverem capital para tanto perderão competitividade nos mercados externos, esperando-se que saiam do mercado (76).

No caso das empresas européias, não há tendências à transnacionalização, embora as empresas exportem parcelas significativas da produção. Uma exceção é a empresa francesa Schlumberger, que comprou a Applicon americana. Esta empresa, que tem atividades nas áreas de microeletrônica, computadores e instrumentação, tem sede em Nova York e efetiva menos de 10% de suas atividades de P & D na França (77).

O licenciamento de tecnologia é bastante comum na área de SFW, principalmente na área de modelagem sólida, dada a existência de SFW-houses e usuários que licenciam SFW ao diversificarem seus aplicativos.

2.4.3. Tendências Tecnológicas

As tendências tecnológicas em termos do HRW vêm acompanhando a evolução da indústria de computadores.

Nos anos 70, a configuração básica de um sistema de CAD envolvia um minicomputador de 16 bits, com quatro ou mais terminais.

No início dos anos 80, a maior complexidade das

(76) Ver Arnold, E. - op. cit., p. 13.

(77) Idem, p. 14.

operações de modelagem em CAD foi acompanhada pela introdução de sistemas de lógica distribuída, onde estações de trabalho com minicomputadores de 16 ou 32 bits compartilham um super-mini de 32 bits ou um "mainframe".

Uma tendência mais recente vai no sentido oposto dos sistemas distribuídos, criando estações de trabalho independentes ("stand alone") com base em microcomputadores de 16 ou 32 bits. As estações de trabalho independentes podem ser ligadas em rede, compartilhando periféricos caros.

O segmento de estações independentes com base em microcomputadores, de baixo custo, vem dinamizando a difusão de CAD em pequenas e médias empresas. Estima-se que 12.000 microcomputadores PC-IBM foram vendidos nos EUA, em 1984, para serem utilizados em sistemas de CAD (78). Recentemente, a Computervision lançou uma estação de trabalho "stand alone" para competir com o PC-IBM (79).

A integração do CAD com computadores de grande porte, buscando integrar as diversas "ilhas de automação" dentro da empresa, também tem se intensificado, principalmente após a entrada da IBM na indústria de CAD.

Com relação ao SFW, a tendência é o avanço nos aplicativos de modelagem mecânica, de forma a viabilizar a integração entre as áreas de administração-projeto-manufatura (80). Ao mesmo tempo, o emprego do CAD em novos setores usuários gera a necessidade de desenvolvimento de novos aplicativos.

(78) Electronics Week, 01/12/84, pp. 54-55.

(79) Business Week - 07/05/84.

(80) Ver Tauile, J.R. - "Automação ..." - op. cit., p. 103.

A tendência de maior especialização do SFW parece indicar um afastamento dos "turnkeys", em troca de sistemas mais flexíveis baseados em estações de trabalho independentes e mais baratas (81).

2.4.4. Papel das Políticas de Apoio ao Setor

As políticas de apoio ao CAD compreendem de um lado o apoio à pesquisa e desenvolvimento e lançamento de produtos (oferta) e políticas de difusão, de outro.

Nos EUA, embora não haja uma política definida e explícita, o CAD tem grande apoio oriundo da política de defesa. De 1973 a 1979, o Departamento da Defesa alocou US\$ 600 milhões na área de tecnologia de manufatura; destes, US\$ 100 milhões foram destinados ao Integrated Computer Manufacturing Program da Força Aérea, programa que busca mudar a competitividade da indústria americana, não permitindo acesso de países estrangeiros às informações geradas. Ainda, o programa do Departamento de Defesa que busca desenvolver "chips" extremamente rápidos ("Very High Speed Integrated Circuit" - VHSIC) deve dar aos fabricantes americanos de CAD vantagens competitivas em SFW para circuitos integrados complexos (82).

A política de CAD na Europa teve até o momento, mais sucesso em difundir esta tecnologia do que em gerar ca-

(81) Microelectronics Monitor, nº 8, out/dez. 1983.

(82) Esta seção baseia-se no trabalho de Arnold, E. - op. cit. ., pp. 26 a 56.

pacitação do lado da oferta, o que se expressa na liderança dos fabricantes americanos nos mercados nacionais europeus, via exportações.

A Inglaterra foi o país que primeiro lançou uma política para a área de CAD, em meados dos anos 60, criando o Computer-Aided Design Centre em Cambridge. Ao final da década, já existiam empresas fabricantes. No entanto, as empresas não conseguiram acompanhar a introdução dos minicomputadores e dar o salto para os "turnkeys", ressentindo-se da falta de apoio à difusão, o que causou o fechamento de várias empresas. Só em 1977 foram criadas linhas de crédito especiais para difusão, beneficiando a comercialização de "turnkeys" americanos. Com capacitação na área de PCB e tubulações a indústria de CAD inglesa foi enfraquecida com a desnacionalização de duas empresas (CIS e Compeda) após o fracasso de uma tentativa de fusão.

A França, apesar de ter grande capacitação em SFW para modelagem sólida e duas instituições de pesquisa que atuam na área de CAD (CNRS e MICADO), não incluiu esta tecnologia na sua política de informática, comercializando o SFW através de licenças para outras empresas. A inexistência de um superminicomputador francês contribuiu para impedir uma estratégia de "small-league" ou mesmo o desenvolvimento de um "turnkey".

No caso da Alemanha Federal, a difusão de CAD vem sendo apoiada por fundos governamentais desde 1983. Mas há pouco apoio com relação à oferta, sendo a indústria de CAD alemã inferior à inglesa. O mesmo ocorre com a Suécia, que não tem nenhum fabricante de CAD.

A política da Noruega em relação ao CAD parece ser uma das únicas da Europa que busca capacitação do lado da oferta, graças à orientação geral da política industrial norueguesa de procurar "nichos" de mercado de tecnologia complexa, para exportação, dadas as pequenas dimensões do mercado interno. A maior parte dos gastos de P & D é financiada pelo governo e há uma relação estreita entre as indústrias e instituições de pesquisa.

Não obteve-se referências quanto à política japonesa em CAD.

2.5. Conclusões

A análise empreendida neste capítulo procurou retratar o quadro internacional referente aos EAM com base em quatro pontos: a produção e difusão mundial destes equipamentos, a indústria fabricante e suas estratégias de competição, as tendências de desenvolvimento ao nível da tecnologia e o papel das políticas públicas.

Com relação ao primeiro ponto, mostrou-se que a difusão e, principalmente, a produção destes equipamentos é extremamente concentrada ao nível mundial, sendo praticamente irrelevante no caso dos países subdesenvolvidos. A partir dos dados do Capítulo 3, a seguir, poderemos confrontar a situação brasileira com o contexto internacional.

É importante notar que o processo de difusão dos três EAM analisados esteve intimamente ligado à evolução do

paradigma microeletrônico. Somente quando a miniaturização dos circuitos integrados permitiu obter comandos confiáveis e de baixo custo (principalmente com o microprocessador) é que os EAM passaram a ter uma difusão mais intensa comercialmente.

A análise da indústria fabricante dos EAM, suas estratégias competitivas e as tendências tecnológicas observadas em relação a cada equipamento, permitem identificar o que chamamos no Capítulo 1 de *diversas estratégias tecnológicas* associadas à trajetória da automação flexível.

Ao nível das empresas líderes, que dominam a tecnologia de ponta, impõem-se mais fortemente a necessidade de avançar na automação por integração. No caso de MFCN e robôs, há uma convergência dos produtores no sentido de se desenvolver sistemas flexíveis de manufatura (FMC, FMS). No segmento de CAD, o ingresso das empresas com origem na indústria de computadores está ligado ao desenvolvimento do CAD/CAM e do CIM.

A automação por integração representa o segmento mais sofisticado da automação da manufatura, envolvendo soluções não padronizadas, exigindo ainda uma série de desenvolvimentos ao nível de SFW, tecnologia de sensores e outros.

O mercado mais relevante para os EAM é a venda de equipamentos isolados, que constituem "ilhas de automação" dentro das empresas. Dados os enormes problemas técnicos e econômicos que envolvem a trajetória da automação flexível, é certo que a demanda dos EAM em um futuro previsível tenderá a se concentrar em configurações isoladas, embora com possibilidade de integração em momentos futuros.

Dentre as configurações isoladas dos três EAM estudados, é possível distinguir graus diferentes de complexidade ao nível da tecnologia, bem como visualizar possibilidades de entrada para fabricantes de menor porte, não obstante a importância das economias de escala.

Como já referido anteriormente, o ingresso do Brasil na produção dos EAM certamente não envolverá os estágios avançados da automação por integração. É fundamental, portanto, identificar no cenário internacional alternativas de ingresso em segmentos de tecnologia menos complexa e de nichos de mercado em função da diversidade dos setores usuá-rios.

No caso de MFCN, viu-se que o sucesso da estratégia japonesa fundou-se no desenvolvimento de MFCN de uso geral padronizadas e simples, onde o emprego da modularidade viabilizou a produção automatizada. O uso de um SFW padronizado, ainda, permitiu que as empresas usuárias incorporassem a MFCN sem um grande aparato de apoio em termos da programação, permitindo que este equipamento fosse largamente difundido por meio de exportações.

A difusão de robôs industriais no Japão mostra também o peso de produtos tecnologicamente menos sofisticados, caso dos manipuladores manuais e seqüenciais, em geral efetuando operações de carga e descarga de diversos tipos de máquinas.

No segmento de CAD, a difusão de sistemas mais simples é mais recente. Neste caso, o emprego de estações de trabalho isoladas com base em microcomputadores, com um ou dois aplicativos, tende a incrementar a difusão desta tecno-

logia em empresas pequenas e médias. Viu-se que as necessidades dos setores usuários ditam uma maior ou menor complexidade em termos do SFW utilizado; o SFW bidimensional, usado em projetos de PCBs, circuitos integrados, cartografia e outros, é menos sofisticado; já o SFW para modelagem mecânica é mais complexo, exigindo por vezes o apoio de um computador de grande porte ("mainframe").

O crescimento dos setores usuários que incorporam os EAM, por outro lado, abre brechas de mercado não passíveis de atendimento pelos grandes fabricantes de produtos padronizados ou modulares.

No segmento de robôs, observou-se a possibilidade de pequenas e médias empresas ofertarem robôs específicos ou fornecerem sistemas completos, sob encomenda, atendendo usuários peculiares. Em relação ao mercado de CAD, notou-se a dificuldade crescente dos fabricantes de "turnkeys" fornecerem SFW para novos setores usuários, viabilizando o surgimento de empresas que fornecem SFW (e também periféricos para CAD) compatível com o HRW dos grandes fabricantes.

A existência de nichos de mercado, em geral associados à necessidade de desenvolvimento de produtos específicos produzidos sob encomenda, não significa, porém, que sejam segmentos de mercado de tecnologia mais simples. O desenvolvimento de sistemas completos, no caso de robôs, exige uma capacitação tecnológica razoável; muitas das empresas fabricantes de sistemas completos do Japão só tiveram capacitação para fazê-lo uma vez que desenvolveram tais sistemas para uso próprio.

Na indústria de MF, os nichos de mercado estive-

ram sempre associados à produção de MF especiais. Como procurou-se mostrar, a difusão da MFCN é mais viável no segmento de MF de uso geral. A crescente padronização dos processos produtivos dos usuários, ditada pela concorrência, ao lado da emergência de novos materiais, tende a diminuir os mercados por MF especiais, reduzindo a possibilidade de se ter uma estratégia de "nicho" nesta indústria.

A análise das tendências tecnológicas com relação aos EAM mostra a necessidade dos fabricantes se conformarem aos problemas selecionados definidos pela trajetória da automação flexível, que aponta no sentido da automação por integração. Mesmo se for ofertar um produto isolado, o fabricante não pode deixar de considerar a possibilidade de seu equipamento vir a ser interligado a outros. Como visto no tópico 1.4.1.4. acima, a adoção do padrão MAP de interconexão dos EAM pela GM americana vem forçando diversos fabricantes a produzirem equipamentos compatíveis com esse protocolo.

Não obstante, tramitam dentro da trajetória da automação flexível uma série de "inovações secundárias", voltadas para a difusão dos EAM em pequenas e médias empresas (com uma tecnologia mais simples) de um lado, bem como o desenvolvimento de produtos ou sistemas específicos (em geral fabricados sob encomenda), de outro.

Dentro do marco teórico adotado neste trabalho, estas inovações secundárias representam ramificações da trajetória tecnológica. Tais ramificações estão fortemente ditadas pelas diferentes estratégias tecnológicas de empresas nacionais (ou, por vezes, multinacionais) levando em conta as perspectivas de demanda dentro da estrutura e composição se-

torial da indústria nacional, bem como o acesso a mercados externos. Citaríamos como exemplo a difusão de robôs e MFCN em pequenas e médias empresas no Japão; e a estratégia norueguesa de exportação de produtos sofisticados (robôs e CAD).

O papel das políticas públicas na promoção dos EAM dá-se basicamente de duas formas: pelo financiamento das atividades de P & D e pela orientação seletiva de apoio aos setores considerados prioritários.

A promoção e financiamento das atividades de P & D, (prevalecente em todos os países desenvolvidos) cumpre um papel essencial no sentido de gerar novas técnicas, de um lado, reduzindo os gastos das empresas, de outro. Na análise referente ao sucesso da produção japonesa de MFCN (tópico 2.2.2.2. acima) procurou-se mostrar o conflito entre o desenvolvimento tecnológico e a lucratividade de curto prazo. Canalizando recursos sociais em programas de longo prazo, a ação estatal garante uma perspectiva mais segura para as inversões privadas.

Uma ação mais seletiva das políticas industrial e tecnológica, buscando identificar setores e estratégias a serem priorizadas, só foi observada no caso do Japão e, em menor escala, nas políticas da França, Noruega e EUA (exclusivamente para o setor de defesa).

A política japonesa quanto a MFCN e robôs industriais atua do lado da produção e difusão, identificando setores a serem priorizados e dentro destes, incentivando a concentração ou especialização, criando linhas de crédito para difusão em pequenas empresas, promovendo as exportações etc.

A ação estatal é de suma importância em segmentos de tecnologia complexa pois reduz a incerteza inerente ao desenvolvimento da trajetória, sinalizando "caminhos" de mais fácil avanço. Ainda, ao buscar orientar o progresso técnico dentro das especificidades da estrutura industrial e mercados de cada país (ver o exemplo da política norueguesa), cumpre um papel importante na ramificação da trajetória tecnológica dentre várias estratégias disponíveis.

Gostaríamos de ter mostrado, ao longo deste capítulo, a complexidade das questões envolvendo a produção e difusão dos EAM. Como foi alertado na introdução, não é por acaso que fomos levados a adotar um marco teórico mais geral para tratar estas questões, a partir dos conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas. Estes conceitos deixam as hipóteses de investigação e conclusões por conta do pesquisador, ao contrário do arcabouço neoclássico, cujas hipóteses pré-concebidas já desenham, "ex-ante", o elenco de conclusões possíveis.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO E DIFUSÃO DE MFCN, ROBÔS INDUSTRIAIS E
SISTEMAS DE CAD - O CASO BRASILEIRO

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO E DIFUSÃO DE MFCN, ROBÔS INDUSTRIAIS E SISTEMAS DE CAD - O CASO BRASILEIRO

3.1. Introdução

Uma vez efetuada a análise do processo de difusão e produção dos EAM no plano internacional, procura-se neste capítulo situar o caso brasileiro.

A avaliação do processo de difusão e das estratégias dos fabricantes de EAM no Brasil busca, no contexto do presente trabalho, identificar os condicionantes da ramificação da trajetória tecnológica.

De um lado, esta ramificação sofre influência das características presentes na estrutura industrial do país, no que diz respeito a sua composição setorial, propriedade de capital, inserção externa. De outro, impõe-se o quadro institucional referente à infra-estrutura de ciência e tecnologia e o papel da Política Nacional de Informática e Automação empreendida pela SEI - Secretaria Especial de Informática.

Como será visto em maior detalhe, a política da SEI procurou reservar a produção de EAM a fabricantes nacionais, acompanhada de um rigoroso controle de importações. Conhecida como política de reserva de mercado, a ação da SEI foi decisiva para o surgimento de uma indústria local produtora de robôs, MFCN e sistemas de CAD.

A análise do capítulo 2 mostrou a inexistência

de diversas alternativas quanto à produção e uso dos EAM; a investigação do caso brasileiro permitirá identificar as opções mais factíveis de inserção do país no desenvolvimento tecnológico gestado nos países centrais, aqui representado pela trajetória tecnológica da automação flexível.

Será dada especial atenção à produção e difusão de EAM isolados e menos sofisticados, cujas exigências em termos de recursos humanos e financeiros são mais condizentes com o grau de desenvolvimento industrial e tecnológico de um país tardiamente industrializado. O objetivo deste esforço é duplo: em primeiro lugar, identificar segmentos de mercado de tecnologia acessível para os fabricantes e usuários de EAM no Brasil; de outro, apontar os segmentos onde é mais viável, a médio e longo prazo, obter competitividade externa na indústria de EAM.

No caso da MFCN, o processo de produção e difusão iniciou-se já nos anos 70, o que permite avaliar os padrões de difusão e a evolução das estratégias dos fabricantes. É dada atenção tanto à produção da MFCN (exclusive o comando), quanto do CN propriamente dito.

Já a difusão de robôs industriais e sistemas de CAD teve início apenas nos anos 80, enquanto a produção só ocorre desde 1985. Apresenta-se, portanto, o quadro de difusão destes equipamentos e uma análise dos projetos de fabricação aprovados pela SEI - Secretaria Especial de Informática.

Se as estatísticas referentes ao Brasil são por vezes mais atualizadas do que aquelas obtidas sobre o quadro mundial, elas apresentam-se mais incompletas. Mais grave é a

falta de trabalhos analíticos, contando-se com poucos estudos pioneiros. Optou-se, desta forma, pela apresentação da maior quantidade possível de informações (especialmente aquelas encontradas em jornais e periódicos especializados) de forma a fornecer uma base mais segura para as conclusões obtidas.

3.2. A Indústria Brasileira de MF e a Tecnologia do CN

3.2.1. Introdução: O Quadro Prévio à Política de Reserva de Mercado

A importação de uma máquina Kearney & Trecker com CN da GE, pela Ford, em 1968, deu início à difusão da MFCN na indústria brasileira. Considera-se no entanto que o ano de 1972 marca o início efetivo da difusão desta tecnologia, com a importação de 16 MFCN, contra as 3 máquinas importadas até então (1).

O início da difusão da MFCN no Brasil liga-se portanto a um período de grande crescimento econômico (o "milagre") com altas taxas de crescimento do investimento industrial e liberalidade na importação de máquinas e equipamentos.

(1) Tauile, J.R. - Microelectronics, Automation and Economic Development - The Case of Numerically Controlled Machine Tools in Brazil - Ph.D. Thesis - New School for Social Research - Abril/1984, p. 52.

A partir de 1974 inicia-se o II Plano Nacional de Desenvolvimento, que concedia papel de relevo à substituição de importações de bens de capital. Com o II PND, diversas subsidiárias alemãs fabricantes de MF instalam-se no país, posteriormente ingressando na produção de MFCN (só a parte mecânica). A primeira MFCN produzida no Brasil é fabricada em 1975 pela Romi (empresa nacional e maior fabricante de MF da América Latina), utilizando um CN importado (2).

Em 1980, um levantamento feito por Tauile indicou a existência de 698 MFCN em operação na indústria brasileira, das quais 130 eram produzidas localmente. Das máquinas existentes, 40% eram tornos e 30% centros de usinagem (3). Outro levantamento feito para o mesmo ano indicou um número substancialmente menor: 500 MFCN (4). Discrepâncias à parte, ambos os números indicavam a incipiência do processo de difusão no Brasil, se comparado ao contexto internacional (5).

Já a produção da unidade de CN iniciou-se no Brasil em 1978, ano em que a Digicon (empresa nacional) lançou o modelo 2.000, de tecnologia mais simples (movimentos ponto a ponto), com vendas de 27 unidades até 1981 a um custo de

(2) Idem, p. 53.

(3) Idem, p. 54.

(4) Leite, E.M. et alii - Automação Microeletrônica na Indústria: Subsídios à Pesquisa - SENAI - DPEA/SP, dezembro 1984, p. 22.

(5) Apesar da falta de dados quanto ao parque instalado de MFCN para os países desenvolvidos, as informações da Tabela IX (Anexo Estatístico) mostram que, já em 1978, a produção anual de tornos com CN no Japão, RFA e Itália superava o parque instalado de MFCN no Brasil em 1980.

US\$ 30.000. Dado seu alto custo, a empresa desenvolveu um posicionador automático POSI-80 dirigido a aplicações especiais, a um custo de US\$ 3.000. Em 1979, tentou formar uma "joint-venture" com a GE (Numericon) para produzir o CN GE 1050, que lhe permitiria ingressar no mercado de CN contínuo, de tecnologia mais sofisticada.

O objetivo da Digicon era de concorrer com a Siemens, que a partir de janeiro/1979 passou a fabricar o SINUMERIK 7, dominando o mercado de CN contínuo com um produto de grande porte e superado tecnologicamente. Essa dominância foi reforçada quando a associação GE - Digicon não se efetivou. Como resposta, a Digicon passou a desenvolver o CN 3000 e CN 3100, comandos contínuos para centros de usinagem e tornos, de até 3 eixos, produtos que seriam lançados em 1982.

Em 1981, a Diadur, subsidiária da Heidenhain/RFA, começou a produzir dois modelos de CN ponto a ponto (TNC 121 e TNC 131), tendo boa penetração junto aos fabricantes de MF de origem alemã (ver tópico 3.2.3.1. a seguir).

Portanto, até 1981, a indústria de CN do Brasil tendia a ser crescentemente dominada por empresas estrangeiras, que produziam comandos desenvolvidos no exterior, podendo vendê-los a um preço mais baixo. O mercado de CN contínuo era dominado por um produto obsoleto e caro. E a única empresa nacional do setor tinha produtos de alto preço, dado o custo elevado de desenvolvimento e pequenas escalas de produção.

Com base nesse quadro, a SEI divulgou o comunicado SEI/SAE nº 08/81, para empresas interessadas na apresen

tação de projetos na área de CN. De acordo com o ato normativo nº 06/80, as empresas interessadas deveriam ter controle acionário e decisório em mãos de pessoas físicas domiciliadas e residentes no país, embora pudessem licenciar projetos do exterior (ver item 3.6. a seguir).

Foram apresentados projetos por 10 empresas, sendo apenas 7 nacionais, das quais foram selecionados 4, todos com tecnologia do exterior. As empresas acordaram com a SEI um cronograma de nacionalização de 4 anos, a ser cumprido até 1986 (6).

3.2.2. O Processo de Difusão e os Setores Usuários

A Tabela 3.1. a seguir mostra o processo de difusão de MFCN no Brasil, indicando previsão de um parque instalado de 1.711 destas máquinas ao final de 1985. Outro levantamento, feito pelo Sindicato dos Engenheiros do Rio de Janeiro indicava um número ligeiramente menor, de 1.600 MFCN (7).

(6) Este histórico do início da produção do CN no Brasil baseia-se em: Dytz, E. et alii - A Política de Comando Numérico e de CAD/CAM e Robótica no Brasil - Anais do 2º Seminário de Comando Numérico no Brasil - São Paulo 1982, p. 19.

(7) Ver Tauile, J.R. - Aspectos Sociais da Automação - Boletim SOBRACON - Ano II - set/out. 1985, nº 23, p. 18.

Os dados da Tabela 3.1. mostram que a taxa de crescimento de instalação das MFCN mantém-se fortemente positiva após 1980, apesar do início do período recessivo, com destaque para o grande crescimento da produção nacional de MFCN, em um quadro de graves restrições da capacidade de importar.

TABELA 3.1

NÚMERO DE MÁQUINAS CN COMERCIALIZADAS NO BRASIL POR ANO
DE INSTALAÇÃO E TAXA DE CRESCIMENTO (%)

Ano	Nacionais		Importadas		Total	
	Nº	Taxa de Cresc. (%)	Nº	Taxa de Cresc. (%)	Nº	Taxa de Cresc. (%)
1973	--	--	33	--	33	-
1974	11	--	24	-27,3	35	6,1
1975	02	-81,8	39	62,5	41	17,1
1976	08	300	45	15,4	53	29,3
1977	17	112,5	46	2,2	63	18,9
1978	32	88,2	53	15,2	85	34,9
1979	40	25,0	34	-35,9	74	13,0
1980	62	55,0	32	-5,9	94	27,0
1981	69	11,3	55	71,9	124	31,9
1982 (*)	120	73,9	30	-45,5	150	21,0
1983 (*)	150	25,0	30	0	180	20,0
1984 (*)	253	68,7	53	76,7	306	70,0
1985 (**)	413	63,2	60	13,2	473	54,6

(*) Estimativas

(**) Previsão

Número de empresas usuárias - Aproximadamente 350.

FONTE: Stemmer, C.E. - Equipamentos de Automação Industrial. Anais do 2º CONAI - São Paulo, novembro 1985, p. 5.

A partir de 1984, num contexto de recuperação da atividade econômica e de crescimento do mercado interno, o processo de difusão foi reforçado pela maior capitalização das empresas e pela maior ocupação da capacidade produtiva. Com isso, muitas empresas passaram a comprar MFCN em planos de expansão da capacidade produtiva, dada a impossibilidade de "sucatear" o parque de MF instalado (8).

Previa-se para o ano de 1986 a venda de 700 a 800 unidades de MFCN. Já para 1987, estima-se que cerca de 1.100 unidades de CN serão fabricadas no Brasil, em função do acúmulo de pedidos gerado ao longo de 1986, o que ampliou o prazo de entrega de uma MFCN para 12 a 18 meses.

Ao final de 1987, a SOBRACON prevê que 3.800 MFCN estarão em operação no país, o que representa mais que o dobro do parque instalado ao final de 1985. Os fabricantes estimam, ainda, que o mercado de MFCN tende a crescer a uma taxa média de 20% a.a. até 1992 (9).

Se medido em termos de valor, o mercado brasileiro de CN (exclusive a máquina) situar-se-ia entre US\$ 10 a 15 milhões em 1986, segundo a SOBRACON, um valor bem próximo daquele observado para a França (ver Tabela 2.4. acima).

Esta informação deve ser vista, no entanto, com algumas ressalvas. Dado que o preço do CN nacional é 2 a 4

(8) Uma MFCN substitui de 3 a 5 MF convencionais, mas pode custar até 10 vezes mais, no caso do Brasil, o que torna muito elevado o custo de capital de substituir as MF convencionais não depreciadas por MFCN.

(9) Ver Exame Informática nº 4 - Suplemento do nº 355 - 09/07/86, p. 23 e Folha de S. Paulo, 15/04/87, p. 82.

vezes mais caro que o similar importado, o mercado brasileiro é substancialmente inferior em termos de unidades instaladas. Por outro lado, o valor monetário do mercado indica um expressivo poder de compra destinado a um setor de tecnologia nova, poder de compra que tenderá a absorver um número maior de unidades de CN na medida em que o preço deste aproximar-se do nível internacional.

3.2.2.1. Caracterização dos Usuários

A Tabela XVIII apresenta, para o ano de 1980, as empresas usuárias de MFCN de acordo com a origem do capital, onde fica claro o predomínio das subsidiárias de empresas estrangeiras, apesar da definição abrangente adotada para empresas nacionais (10).

Conforme pode ser visto na Tabela XIX, a difusão de MFCN tem-se concentrado, no caso brasileiro, em empresas de grande porte (mais de 500 empregados). No entanto, nota-se que entre os anos de 1980 e 1983 houve um crescimento relativo da difusão desta tecnologia em pequenas e médias empresas, mesmo levando em conta as diferenças de amostragem das duas estimativas (11).

(10) É mais freqüente considerar a empresa como nacional a partir de um mínimo de 75% do capital votante, como no caso de: Zoninsein, J. - Política Industrial, "Joint-Ventures" e Exportações: A Experiência Brasileira. Texto para Discussão nº 79 - IEI/UFRJ, 1985.

(11) Esta tendência deve acentuar-se a partir do surgimento de MFCN mais simples e baratas, seguindo o padrão internacional (ver tópico 3.2.3.3. a seguir).

Com relação aos setores usuários, a Tabela XX indica uma forte concentração nas indústrias ligadas aos setores de bens de capital e de bens de consumo duráveis (os segmentos finais do complexo metal-mecânico). A intensificação do uso da MFCN deu-se nas indústrias automobilísticas/autopeças, mecânica em geral (com grande participação da própria indústria de MF) eletro-domésticos e armamentos, além da EM-BRAER (aeronáutica) (ver Capítulo 4).

O emprego crescente da MFCN nos processos manufatureiros esteve concentrado em setores que, a partir da segunda metade dos anos 70, passaram a exportar bens sofisticados (veículos, armamentos, aviões). Neste sentido, a demanda por este equipamento não arrefeceu nos anos recessivos (1981/83), quando cresceu a necessidade se conquista mercados externos; e, ao flexibilizar o processo de produção e reduzir as necessidades de capital de giro, a MFCN adequou-se a uma conjuntura de altas taxas de juros.

É necessário lembrar, entretanto, que a plena potencialidade do uso da tecnologia do CN só se dá com um número mínimo de máquinas instaladas, com modificações no processo produtivo (como a tecnologia de grupo) e após um razoável período de aprendizado, o que contrasta com a incipiência do processo de difusão da MFCN no Brasil, onde há pouco usuários com um grande número de máquinas, e pequena utilização de

princípios organizacionais como a tecnologia de grupo (12).

Isso conduz à conclusão de que o estágio de difusão da tecnologia do CN no Brasil é ainda de aprendizado, provavelmente sem auferir as vantagens potenciais de custo e racionalização do processo produtivo, embora a MFCN seja extremamente adequada a conjunturas de crise cambial e altas taxas de juros. Nesse sentido, as características técnicas da MFCN (maior precisão de tolerâncias e maior capacidade de efetuar contornos complexos) permanecem como um fator decisivo para a demanda por este equipamento no caso dos setores exportadores de manufaturados sofisticados.

3.2.3. Indústria Brasileira de MFCN: Estrutura e Estratégias de Concorrência

A estrutura da indústria de MFCN envolve os fabricantes da máquina (parte mecânica) e os produtores das unidades de CN.

(12) Em 1984, a SOBRACON estimava que 52,7% dos usuários de MFCN só tinham uma máquina desse tipo; 13,0% tinham 2 máquinas; 17,9%, de 3 a 5; e 16,4% tinham mais de 5. Ainda, pesquisa feita junto a 19 empresas usuárias de MFCN do Estado de São Paulo mostrou que as empresas raramente usaram estudos de viabilidade econômica para justificar o emprego da MFCN e que poucas delas utilizavam princípios organizacionais mais compatíveis com a MFCN, como a tecnologia de grupo. Ver Leite, E.M. et alii - op. cit., p. 24 e Leite, E.M. - Novas Tecnologias, Emprego e Qualificação na Indústria Mecânica - Anais do 2º CONAI - novembro/1985, p. 93 - as 19 empresas eram na maioria subsidiárias estrangeiras e possuíam 193 MFCN, mais de 10% do parque nacional da época. Ver também o tópico 3.2.3.4. para o caso da própria indústria de MFCN.

Enquanto a produção do CN é reservada a empresas nacionais, a produção da parte mecânica é feita tanto por empresas nacionais como por subsidiárias estrangeiras.

3.2.3.1. Estrutura da Indústria de Máquinas-Ferramenta e os Fabricantes de MFCN

Em 1975, registravam-se 102 empresas fabricantes de MF no Brasil, das quais 18 eram majoritariamente controladas por estrangeiros (19 em 1979) (13). Das empresas estrangeiras, destaca-se a existência de 11 subsidiárias de empresas alemãs, cuja maioria ingressou no país na primeira metade da década de 70, incentivadas pela estratégia governamental de substituição de importações no setor de bens de capital (14).

As empresas estrangeiras dominam a produção de MF tecnologicamente mais complexas; em 1975, das 30 empresas fabricantes de MF de alta qualidade, 17 eram de capital majoritariamente estrangeiro; em contrapartida, das 72 empresas fabricantes de MF de qualidade média e baixa, apenas uma era estrangeira (15).

O comportamento da balança comercial de MF indica

(13) Silva, M.E. - Inovação Tecnológica: um Estudo de Caso - Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Econômicas - IPE/USP, 1984, p. 20.

(14) Ver Máquinas e Ferramentas - Ano 4 nº 50 - outubro/1984, p. 17.

(15) Silva, M.E. - op. cit., p. 21.

que a capacitação tecnológica dessa indústria no Brasil concentra-se em MF de uso geral pouco sofisticadas, atendendo-se as necessidades de MF especiais por meio de importações (16).

Além de dominarem a produção de MF mais sofisticadas, as subsidiárias alemãs são as principais fabricantes de MFCN no Brasil, como pode ser visto na Tabela XXI. Estas empresas produzem, em geral, MFCN mais complexas, como os centros de usinagem (ver Quadro 3.1. abaixo).

Até 1985, as empresas nacionais que produziam MFCN eram a Romi e a Nardini (17) atuando na área de tornos, e outras empresas menores, operando em mercados específicos: Zema Zselics e Bonelli (retíficas) e IBH (eletroerosão), conforme mostra a Tabela XXI.

Uma vez que a indústria brasileira de MF é mais voltada para o segmento de uso geral, é provável que o leque de empresas nacionais produzindo MFCN seja ampliado, com

(16) Em 1984, as exportações brasileiras de MF alcançaram US\$ 20.248 mil FOB, representando 6.453 unidades (valor médio unitário de US\$ 3.137). As exportações concentram-se em MF de uso geral pouco sofisticadas, tais como tornos de pequeno porte, furadeiras, esmerilhadeiras e dobradeiras. No mesmo ano, o Brasil importou 607 MF a um valor de US\$ 39.945 mil FOB (valor médio unitário de US\$ 65.807) com as máquinas de corte respondendo por 73,5% e 90,7% das unidades e valor importados, respectivamente. O elevado valor unitário das importações (se comparado ao das exportações) indica a concentração da pauta em MF especiais e/ou mais sofisticadas. Ver ABIMAQ/SINDIMAQ - Pesquisa Industrial - Máquinas Ferramentas para Trabalhar Metais e Carbonetos Metálicos - Associação Brasileira e Sindicato Interestadual de Máquinas e Equipamentos, 1985.

(17) Enfrentando problemas durante os anos recessivos, a Nardini interrompeu seus lançamentos de MFCN, cuja produção só foi retomada em 1986.

empresas de menor porte ingressando em mercados específicos (18) .

Por outro lado, a tendência à substituição de MF de corte convencionais por MFCN sugere uma possível elevação da concentração na indústria de MF, por dois motivos: em primeiro lugar, o desenvolvimento de uma MFCN, por envolver uma nova base técnica (a eletrônica) demanda investimentos elevados e que podem ser melhor absorvidos por empresas de maior porte; ainda, são as empresas grandes que podem arcar com os elevados investimentos necessários à incorporação de MFCN em suas linhas produtivas (contando com escalas mínimas de produção), possibilitando ganhos significativos de produtividade.

Neste quadro, as subsidiárias estrangeiras teriam uma dupla vantagem: em primeiro lugar, podem lançar no mercado MFCN sofisticadas já desenvolvidas pela matriz; e, via matriz, contam também com recursos e experiência para se tornarem grandes usuárias de MFCN e de outros equipamentos de automação.

3.2.3.2. Estrutura da Indústria de CN

O Quadro 3.1. apresenta os fabricantes de coman-

(18) Com a crescente substituição de MF convencionais por MFCN e o surgimento de unidades de CN mais baratas, muitas empresas passaram a lançar MF comandadas numericamente a partir de 1986.

FABRICANTES DE CN: PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

Fabricante	Produção				Produto/Origem da Tecnologia	Aplicação	Fabricante MF
	1984 (Unidade)	1984 (%)	1985(*) (Unidade)	1985 (%)			
Maxitec (SP) - Grupo Mangels	85	33,6	180	40,7	Sinumerick 3/ Siemens (RFA)	- Tornos - Centros Usinagem (Hor./Vert.) - Mandriladores - Linhas "Transfer" Flexíveis	- Index, Montra, Pittler, Nardini - Wotan (R/y), Thyssen Wüller (H), Grob (H) - Wotan - Grob
Romi (SP)	98	38,7	110	24,9	Mach 3/Allen-Bradley (EUA)	- Tornos Horizontais	- Romi
Centelha (SP)	25	9,9	36	8,1	TNC 131 Heindenhain (RFA)	- Fresadoras - Eletroerosão a Fia	- IBH
					TNC 145 Heindenhain (RFA)	- Tornos Verticais - Fresadoras - Geradora Engrenagens - Linhas "Transfer" Flexíveis	- Romi, Engrenasa - Traubomatic, Keller - Engrenasa - Brevet & Burkhardt
Digicon (RS)	26	10,3	65	14,7	TX-8/Mitsubishi (Japão)	- Tornos	- Traubomatic
MCS (SP)	13	5,1	25	5,7	(Própria)	- Linhas "Transfer" flexíveis	- Brevet & Burkhardt
Outros	6	2,4	26	5,9	Zema Isalics/Própria	- Retíficas Cilíndricas - Retíficas Centerless	- Zema Isalics - Bonelli
					Marposs/Própria	- Fresadoras	- Keller
					Keller (Unipro 80)/Própria		
Total	253	100,0	442	100,0			

(*) Estimado.

FONTES: Stemmer, C.E. - Equipamentos de Automatização Industrial - Anais do 2º CONAI - nov/85, SP.

DIGICON - Dado obtido junto à própria empresa.

dos numéricos existentes em 1985 no Brasil. Ao lado dos quatro fabricantes que licenciaram tecnologia estrangeira, surgiram três empresas nacionais que desenvolveram CN com tecnologia própria: a MCS, Marposs e a Zema Zselics, sendo esta última fabricante de MF (retíficas) (19).

A Maxitec, ligada ao Grupo Mangels e empresa líder na produção de CN, foi responsável pela continuidade de produção dos CN da Siemens, quando esta foi impedida de continuar produzindo o modelo Sinumerik 7 em função da exigência de nacionalização de capital da política de reserva de mercado. A Maxitec licenciou o modelo Sinumerik 3, de tecnologia mais atualizada.

A liderança da Maxitec explica-se pelo fato da Siemens alemã ser a principal fornecedora de CN para as matrizes das subsidiárias alemãs fabricantes de MF instaladas no Brasil. O CN da Maxitec tem características modulares, sendo próprio para aplicação em diversos tipos de MF (tornos, centros de usinagem, mandriladoras).

Líder na produção de MFCN e maior fabricante de MF da América Latina, a Romi é também a maior usuária de MFCN do Brasil. Com a política de reserva de mercado, a Romi optou em produzir seus próprios comandos, licenciando tecnologia da Allen-Bradley (EUA). A empresa só tem comercializado este CN em seus próprios tornos.

A Centelha (cuja razão social foi recentemente al

(19) A Heller (subsidiária alemã) produz um CN dedicado a suas próprias MFCN (fresadoras). Por não ter um acordo de licenciamento formalizado, este CN é considerado como desenvolvimento nacional, não violando a reserva de mercado.

terada para CTL) foi a empresa criada para dar continuidade à fabricação dos CN já fabricados pela Diadur (subsidiária da Heindenhain), igualmente impedida de produzir pela lei de reserva de mercado. Assim como a Maxitec, a Centelha entrou no mercado com a vantagem de produzir um CN já aceito pela indústria de MF e usuários.

A Digicon era a única empresa de capital nacional a produzir CN antes da reserva de mercado; com a orientação da SEI de permitir o licenciamento de tecnologia, a empresa comprou tecnologia da Mitsubishi. O CN TX-8 da Digicon é dedicado para tornos, sendo comercializado em regime de OEM ("Original Equipment Manufacturing") (20) para a Traubomatic.

A MCS entrou no mercado com tecnologia própria, desenvolvendo um CN mais simples, com microprocessadores de 8 bits, enquanto os fabricantes com tecnologia licenciada usam microprocessadores de 16 bits. Sendo um CN com menor capacidade de programação, ele é consideravelmente mais barato do que os comandos produzidos pelos fabricantes maiores (21).

A Zema Zselics e a Marposs produzem CN dedicados a retíficas. Neste segmento de mercado, não concorrem com as demais cinco empresas.

(20) A comercialização em OEM significa que o produto leva a marca da empresa que o adquire (no caso, a Traubomatic).

(21) Na Feira de Mecânica de 1986, em São Paulo, um fabricante nacional lançou um torno de pequeno porte equipado com CN da MCS, a uma faixa de preço de 3 a 4 vezes inferior aos tornos com CN das demais empresas.

3.2.3.3. Estratégias de Concorrência e Competitividade dos Fabricantes de CN

Estratégias

A partir da conclusão dos projetos de nacionalização dos fabricantes com tecnologia importada, prevista para 1986, a indústria de CN preparava-se para uma segunda etapa, onde é possível divisar três tendências: necessidade de expandir a gama de aplicações do CN, buscando atender a crescente diversificação dos usuários de MFCN; produção de comandos menos sofisticados para a difusão de MFCN de menor porte em empresas médias e pequenas; e a abertura do produto ao mercado, no caso da Romi e Digicon.

A Maxitec, empresa que conta com o maior número de aplicativos disponíveis, pretende entrar na área de CN para eletroerosão, uma das deficiências da indústria nacional por ser um segmento de tecnologia complexa. Adicionalmente, a empresa vem desenvolvendo um CN menos sofisticado para tornos para atender a faixa de mercado de empresas de menor porte (22).

A Romi pretendia lançar em 1986 um aplicativo de seu CN Mach 3 para fresadoras, estando desenvolvendo o aplicativo para centros de usinagem. Em 1987 a empresa possivelmente passará a vender seu CN para outras empresas de MF para

(22) Ver Data News - Extra - Automação Industrial - Ano X, nº 298, novembro/1985, p. 17.

expandir mercados (23).

A Digicon também pretendia abrir seu produto para o mercado, já em 1986, vendendo-o para outras empresas além da Traub, buscando maiores vendas. A empresa está aprimorando o modelo CN 3.000, desenvolvido antes da reserva de mercado e lançou, em 1986 um indicador digital de posição, próprio para medição em tornos e fresadoras (24).

A CTL vinha trabalhando na nacionalização de dois comandos da Heindenhain. No ano de 1985, a empresa optou por descontinuar a produção destes comandos por não atenderem às exigências do mercado. Em julho de 1985, a empresa lançou o CTL 3.000, de tecnologia própria, produto apto a comandar diversas MFCN e mesmo robôs (25).

A MCS atua em um segmento de tecnologia menos sofisticada. Em 1986, a empresa pretendia lançar o CNC 210T para tornos de dois eixos e o CNC 300 para fresadoras de três eixos. A empresa tem procurado desenvolver aplicativos não convencionais como CN para máquinas de corte de vidro ou bobina-deiras (26).

Dada a grande importância das economias de escala na produção do CN, os fabricantes vêm procurando ampliar seus mercados tanto pelo desenvolvimento de novos aplicativos como pela comercialização do comando para fabricantes diversos de MFCN, buscando trilhar a bem sucedida estratégia da

(23) Ver Dados e Idéias - agosto/1985, p. 12.

(24) Ver Dirigente Industrial - vol. XXV, nº 5, julho/85.

(25) Ver Exame Informática nº 4 - op. cit., p. 26.

(26) Ver Dados e idéias - setembro/85, p. 121 e Exame Informática nº 4 - suplemento do nº 355, 09/07/86, p. 25.

Maxitec. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de CN mais simples (microprocessador de 8 bits) tende a facilitar o surgimento de máquinas menos sofisticadas, potenciando a demanda em empresas de menor porte, de forma similar à estratégia japonesa nesta indústria.

O segmento de CN menos sofisticado vem atraindo novas empresas. Para 1987, pelo menos duas empresas (Servus e Altus) devem lançar CN de pequeno porte, atuando numa faixa de mercado onde a MCS vem obtendo sucesso (27).

Competitividade: Qualidade e Preços

As quatro empresas autorizadas em abril de 1982 a produzirem CN com tecnologia adquirida no exterior, tinham prazo até meados de 1986 para concluírem a nacionalização da tecnologia. Estima-se que as empresas tenham obtido, até esta data, índices de nacionalização próximos a 80%, estando impedidas de avançar mais pela ausência de produção nacional de certos componentes eletrônicos (28).

Não se tem observado queixas das empresas usuárias com relação à qualidade dos CN nacionais. Pelo contrário, a compra de uma MFCN nacional é geralmente considerada mais segura, uma vez que é garantida a assistência técnica pelo fabricante em caso de quebras ou defeitos. Muitas empresas

(27) Ver Exame Informática nº 4 - op. cit., p. 23.

(28) Ver Dirigente Industrial - vol. XXV - nº 5, jul/85 e Exame Informática nº 4 - op. cit., p. 25.

enfrentam sérios problemas de manutenção com MFCN importadas.

O ponto nevrálgico que tem dividido fabricantes e usuários é o preço elevado do CN nacional, 2 a 4 vezes acima do preço do similar importado, no caso dos fabricantes licenciados.

Os fabricantes de CN atribuem o preço elevado às pequenas escalas de produção face aos altos custos de uma nova tecnologia. Em relação aos custos diretos, as empresas afirmam pagarem preços acima do mercado internacional para a importação de componentes eletrônicos, uma vez que a pequena escala das compras não permite efetuar pedidos diretamente aos fabricantes de componentes, levando a importações por meio de intermediários.

As empresas afirmam arcar com custos fixos elevados, em função dos altos salários e custos de treinamento do corpo técnico envolvido nas atividades de P & D, ao lado de maiores gastos da política de marketing e assistência técnica, que exige profissionais mais gabaritados.

Apesar de todo estes fatores, há indícios de que as margens de lucro dos fabricantes de CN sejam bastante altas, em função da amortização dos investimentos iniciais^(29).

Fazendo-se uma consideração de ordem especulativa acredita-se que o estabelecimento de elevadas margens de lucro reflita tanto incertezas quanto à continuidade da política de reserva de mercado, quanto barreiras tecnológicas à entrada, conjugadas a uma demanda aquecida. Incertas quanto à continuidade da política de informática, as empresas teriam optado por pre

(29) Ver Exame Informática nº 4 - op. cit., p. 25.

ços maiores como forma de amortizar rapidamente os investimentos feitos. Isto é possível já que estas empresas desenvolveram comandos mais sofisticados que não concorrem com aqueles de tecnologia nacional, aliado ao fato da SEI não ter aceito, desde 1982, nenhum novo projeto envolvendo licenciamento de tecnologia. Por último, a demanda aquecida por MFCN desde 1985 tem permitido às empresas sustentarem preços elevados.

Segundo os fabricantes de CN, a amortização dos investimentos e o aumento dos índices de nacionalização já permitiram uma queda real de 20% nos preços do CN nacional (30).

3.2.3.4. Competitividade e Automação na Indústria de MFCN

Pretende-se neste tópico avaliar brevemente a competitividade da produção de MFCN (parte mecânica) no Brasil em relação ao contexto internacional. Para isso, atenta-se tanto para a tecnologia de produto como para a tecnologia de processo.

Tecnologia de Produto

Na Feira Industrial de Hannover de 1985, foram ob

servadas tendências no seguinte sentido (31): associação das MFCN com sistemas de carga e descarga e de medição/controle de qualidade; na parte mecânica, notou-se o uso de ferramentas ativas e de ferramentas com materiais especiais, com sistemas de gerenciamento e pré-posicionamento (ver seção 2.2.3. acima).

A Feira Nacional de Mecânica de 1986 realizada em São Paulo mostrou que as empresas estrangeiras têm procurado incorporar os avanços técnicos do exterior, tais como dois cabeçotes de ferramentas, grandes magazines de ferramentas com pré-posicionamento e ferramentas ativas. No entanto, não se notou o acoplamento das MFCN com sistemas de carga e descarga, em função do estágio incipiente da indústria de manipuladores e robôs no país. Já as empresas nacionais procuravam lançar MFCN menos sofisticadas e de menor porte (algumas com CN de 8 bits) para atingir a pequena e média empresa.

Com relação a sua capacitação na produção de MFCN, a indústria mecânica brasileira está vulnerável na produção de sistemas de medição/controle de qualidade e de carga/transporte automático de peças. Ainda, há necessidade de importação de vários componentes mecânicos: rolamentos da árvore principal, fusos de esferas re-circulantes, correias sincronizadoras, alimentadores de barras de alta rotação e massas plásticas para guias, além de servo-motores (componente elétrico).

(31) Com base no relato de Stemmer, C.E. - op. cit.

Tecnologia de Processo

Para avaliar a tecnologia de processo dos fabricantes de MF, foram feitas entrevistas junto a 6 empresas (3 de capital nacional e 3 estrangeiras) todas fabricantes de MF convencionais e MFCN. No total, estas empresas foram responsáveis por 59,8% da produção de MFCN em 1985 (32).

As seis empresas eram usuárias de um total de 131 MFCN, com previsão de incorporação de mais 16 ao longo de 1986; uma das empresas, com 80 unidades, é a maior usuária do país. Supondo que as demais 96 empresas fabricantes de MF no país possuíssem em média apenas uma MFCN, o setor como um todo deteria mais de 10% do parque instalado de MFCN do país em 1985 (previsão de 1.711 unidades - ver Tabela 3.1.).

O elevado peso do setor enquanto usuário de MFCN explica-se por dois motivos: em primeiro lugar, as empresas procuraram, ao longo dos anos 70, iniciar um processo de aprendizado no uso e manutenção da MFCN, para depois ingressarem na sua manufatura; a segunda causa diz respeito a um problema estrutural da indústria brasileira de MFCN: seu alto grau de verticalização. Na falta de fornecedores especializados, as empresas consultadas revelaram ter índices de verticalização de 80 a 90% no caso de MF convencionais e de cerca de 80% da parte mecânica da MFCN, efetuando praticamente todas as tarefas de usinagem. Neste contexto, a flexibilidade

(32) As entrevistas foram realizadas entre fevereiro e abril de 1986, em consulta direta a representantes das empresas.

da MFCN a torna um equipamento adequado a esta indústria.

No entanto, nenhuma das empresas consultadas é usuária de sistemas flexíveis de manufatura pelo elevado custo desses sistemas, e/ou pela exigência de lotes de peças de tamanho médio, que só seriam possíveis com escalas de produção substancialmente maiores. Igualmente, nenhuma das empresas possui sistemas de CAD, embora três delas (duas nacionais e uma estrangeira) mencionassem ter planos de adquirir tal equipamento.

Duas empresas nacionais praticam os princípios da tecnologia de grupo e de famílias de peças, buscando reduzir o número de itens usinados, elevar o tamanho dos lotes e reduzir o ferramental, procurando um seqüenciamento dos lotes de tal forma a otimizar o uso da MFCN (a tecnologia de grupo não é empregada nas MF convencionais); ambas as empresas têm escalas de produção significativas (de 300 a 500 unidades/mês) em MF convencionais. As demais empresas justificaram a não-adoção da tecnologia de grupo justamente em função do tamanho reduzido das escalas produtivas.

A variedade dos lotes de peças é explicado pela necessidade das empresas produzirem vários tipos e modelos de MF, além de efetuarem parte substancial de sua produção sob encomenda (apenas uma empresa, estrangeira, fabrica só em série). Uma solução para este problema é a fabricação de produtos modulares, o que é feito por cinco das seis empresas consultadas.

Entre as seis empresas, quatro exportam MF convencionais (em geral tornos e retificadoras), atribuindo sua competitividade à qualidade e principalmente ao preço, com pe

so significativo do custo de mão-de-obra e das matérias-primas. Atualmente, os principais mercados estão nos países desenvolvidos, em função da crise cambial vivida pelos países da América Latina. As duas empresas que não exportam (estrangeiras) concentram sua produção em MF sofisticadas (na maior parte MFCN) não tendo condições de competir com os preços da matriz. A terceira empresa estrangeira pretendia efetuar em 1987 uma exportação piloto de um torno com CN para um país da América do Sul.

Tal como no contexto internacional, os principais motivos citados pelas empresas para incorporarem MFCN foram a flexibilidade, maior qualidade e redução dos tempos de circulação e espera. A melhor qualidade do processo de usinagem propicia um menor número de refugos, que, conjuntamente com a diminuição dos tempos de circulação e espera, permite reduzir os estoques de matérias-primas e produtos semi-acabados, com impacto direto nas necessidades de capital de giro.

Apenas uma empresa considerou que as características de seu produto não exigiam o emprego da MFCN; as demais, fabricantes de produtos mais sofisticados, consideram que certas operações (como interpolações circulares) dificilmente podem ser executadas repetitivamente por uma MF convencional, a não ser com elevado número de refugos.

As empresas foram unânimes em afirmar que o maior obstáculo à incorporação da MFCN é o seu preço elevado; neste sentido as empresas só incorporam MFCN em planos de ampliação da capacidade ou em substituição a máquinas depreciadas, não tendo recursos para efetuar um sucateamento tecnológico de seu parque instalado de MF convencionais.

Algumas empresas apontaram a escassez de recursos humanos em SFW como obstáculo à difusão da MFCN, o que deve ser sentido com mais intensidade por fabricantes que só produzam MF convencionais. Embora com menor intensidade, o mesmo ocorre com relação à manutenção. Para uma empresa fabricante de MF convencionais, tornar-se usuária de MFCN exige montar uma estrutura de recursos humanos específica (operador, programadores, manutenção) que pode tornar inviável a adoção desta tecnologia, principalmente para empresas de pequeno porte.

3.3. Produção e Difusão de Robôs Industriais

3.3.1. O Processo de Difusão

A difusão de robôs industriais no Brasil iniciou-se apenas nos anos 80, com a importação de algumas unidades pela indústria automobilística.

Ao final de 1985, previa-se que o Brasil contaria com 28 robôs reprogramáveis em seu parque industrial; conforme mostra a Tabela 3.2., a indústria automobilística respondia por 75% das unidades instaladas, com 15% ficando para universidades e instituições de pesquisa. Só uma empresa nacional, a Soltronic, era usuária de um robô reprogramável.

vel (33) .

TABELA 3.2
USUÁRIO DE ROBÔS INDUSTRIAIS
BRASIL - 1985

Usuários	Unidades Instaladas	%
Volkswagen	10	36
Ford	8	29
General Motors	2	7
Mercedez Benz	1	3
Asea	1	3
IBM	1	3
Soltronic	1	3
Universidade de São Paulo	1	3
CTI/SEI	1	3
Senai	1	3
Total	28	100

FONTE: Laplane, M. - A Indústria Brasileira de Equipamentos de Automação Industrial de Base Microeletrônica. IE/ UNICAMP, mimeo, p. 32.

O grau de difusão de robôs industriais no Brasil é nitidamente incipiente, concentrado em menos de 10 usuários. De fato, apenas a VW e a Ford contam com linhas de produção robotizadas (para solda); os demais usuários aparentemente possuem um robô como fonte de aprendizado no uso des

(33) A Tabela 3.2., no entanto, exclui os manipuladores manuais e de seqüência fixa (para os quais não há informações), equipamentos que devem ter, entre as empresas usuárias, uma maior participação relativa de empresas nacionais.

ta tecnologia.

A difusão de robôs na indústria automobilística esteve concentrada no uso de robôs de solda a ponto. Menos por considerações de custo e mais em função de requisitos de precisão e confiabilidade, os robôs de solda foram uma exigência técnica dos produtos a serem exportados, devido às estratégias de "carro mundial" e de regionalização dos mercados mundiais implementadas pela indústria automobilística (ver Capítulo 4 a seguir).

3.3.2. Produção de Robôs Industriais: Análise dos Projetos Aprovados, Perspectivas e Estratégias dos Fabricantes

A produção de robôs industriais no Brasil inexistia até o ano de 1986. Até o final de 1985, todos os robôs instalados no país eram importados, principalmente da Alemanha Federal e Japão.

Em dezembro de 1984, foi lançado o Comunicado STI/SEI nº 002/84, destinado a convocar empresas a apresentarem projetos de fabricação de robôs dentro do regime de reserva de mercado. Aparentemente, a estratégia da SEI foi de antecipar-se às previsões de que a indústria automobilística iniciaria, nos anos seguintes, investimentos de modernização de suas linhas de montagem, garantindo aos fabricantes um mer

cado inicial (34).

O número de projetos apresentados (23) superou aquele verificado no caso do comando numérico. Do total de projetos apresentados, onze representavam robôs universais com tecnologia licenciada no exterior. Os demais projetos apresentados envolviam o desenvolvimento de tecnologia nacional.

Em junho de 1985, uma comissão integrada por representantes da SEI, de órgãos de fomento e de instituições de ensino e pesquisa aprovou 16 projetos de fabricação, vetando sete projetos que envolviam tecnologia licenciada. Embora os motivos de rejeição destes projetos não tenham sido divulgados, a hipótese mais provável é de que os acordos de licenciamento não incluíam uma transferência efetiva de tecnologia.

No quadro I (Anexo), são listados os 16 projetos aprovados, divididos em dois grupos, dependendo do recurso ou não ao licenciamento de tecnologia.

As empresas que formam o primeiro grupo têm origem na indústria mecânica (Villares, D.F. Vasconcellos) ou metalúrgica (Taunus, Mangels). Tais empresas (exceção da Villares) buscaram associações com empresas da indústria de informática (Prólogo) ou com fabricantes de sistemas de controle para automação industrial (caso da MCS e da Maxitec, empresa do grupo Mangels que formou uma "joint-venture" com a Var-

(34) Beneficiamo-nos, neste item, do trabalho pioneiro de Laplane, M.F. - A Indústria Brasileira de Equipamentos de Automação Industrial de Base Microeletrônica - IE/UNICAMP, 1986, mimeo, p. 40.

ga, constituindo a Mentat). Estas empresas deveriam iniciar, em 1986, um cronograma de nacionalização de 5 anos.

No segundo grupo, referente às empresas que desenvolverão tecnologia própria, duas empresas fabricantes de sistemas de controle para automação produzirão apenas o comando eletrônico para robôs (Atos e CTL, sendo que o comando desta última também pode controlar MFCN).

As demais empresas deste grupo têm origem na indústria mecânica (Engemaq, Engesa, Vigorelli, Petersen) ou na metalurgia (Zivi, E.B., Micheletto). Assim como ocorrido no primeiro grupo, observou-se associações destas empresas com produtores da indústria da informática (Metriker, associada a Micheletto, formando a Mixertech). Neste segmento, a maior parte das empresas não tinha modelos lançados, sendo qualificadas pela SEI para o desenvolvimento de robôs (35).

Segundo opinião de técnicos ligados ao setor, o número de empresas fabricantes com projetos aprovados seria excessivo face às perspectivas de crescimento do mercado.

Após a aprovação dos projetos pela SEI, alguns deles foram interrompidos devido a perspectivas de demanda reduzida e/ou baixa rentabilidade. Ao final de 1985, a Vigorelli foi a falência; a associação entre a MCS e a Taunus foi desfeita; e a Engesa preferiu engavetar seu projeto na área, a espera de melhores oportunidades. No início de 1987, a Mentat decidiu adiar seu projeto de um robô reprogramável, frente a perspectivas de demanda desfavoráveis e incertezas

na conjuntura econômica (36).

As perspectivas futuras do mercado para robôs no Brasil dependem de investimentos de modernização nas indústrias de autopeças e automobilística, mecânica e eletrônica.

Os investimentos da indústria automobilística em robôs em 1986, no entanto, concentraram-se apenas na Volkswagen (37). Os problemas conjunturais nesta indústria ao longo do ano, somados à incerteza prevalecente no cenário internacional desta indústria (ver Capítulo 4) teriam contribuído para o adiamento de investimentos em modernização.

Em meados de 1986, a SOBRACON estimava que o mercado de robôs deveria movimentar cerca de US\$ 37 milhões no triênio 1987/89, representando 200 unidades novas instaladas (38). No entanto, em 1986, o faturamento da indústria alcançou apenas US\$ 2,8 milhões, para uma previsão de US\$ 5,0 milhões. A previsão para 1987 é de um faturamento de US\$ 6,5 milhões, implicando na instalação, até o final do ano, de 120 robôs e manipuladores (39).

As incertezas quanto à evolução do mercado e os altos custos de desenvolvimento tendem a gerar uma maior con

(36) Ver Isto É - nº 494 - 11/06/86, p. 65 e Gazeta Mercantil - 22/01/87, p. 10.

(37) A Volkswagen instalou em meados do ano quinze robôs importados de sua matriz, que não poderiam ser fornecidos a tempo pelos fabricantes nacionais. Estes robôs são necessários para o programa de exportações da empresa para os EUA (ver Capítulo 4). Ver Isto É, nº 494 11/06/86, p. 65.

(38) Ver Isto É - nº 494 - 11/06/86, p. 65.

(39) Estimativas da SOBRACON. A maior parte das necessidades dos usuários vêm concentrando-se em manipuladores pouco sofisticados, de coordenadas cartesianas. Ver Folha de S. paulo - 15/04/87, p. B.2.

centração na indústria de robôs no Brasil, tanto pelo abandono de projetos existentes como pela iniciativa de desenvolvimento de projetos conjuntos. Um exemplo deste último caso é a associação efetivada entre a Villares, a Soltronic (produtora de equipamentos de solda, que teve seu projeto de fabricação rejeitado pela SEI) e a Lasertec (área de corte a laser); ainda, a Villares possivelmente trabalhará em conjunto com a Servus na área de robôs hidráulicos (40).

Enquanto a indústria automobilística tende a constituir-se no principal usuário de robôs reprogramáveis, as indústrias mecânicas e de autopeças devem responder pela maior parte da demanda por robôs mais simples e manipuladores. Dada a incipiência da indústria eletrônica no Brasil, não se deve esperar que ela se constitua em uma grande usuária de robôs, o que é reforçado pelo fato de só existir um único projeto (o Orbital 600 da EB) de robô destinado à montagem eletrônica.

3.2.2.1. Estratégias de Concorrência

Ao analisar os projetos aprovados pela SEI, Laplane (41) os divide em dois grupos, que correspondem aos projetos com e sem licenciamento de tecnologia.

No primeiro grupo figuram os robôs universais,

(40) Ver Exame Informática - nº 4, 09/07/86 - Suplemento do nº 355, p. 20.

(41) Laplane, M.F. - op. cit., pp. 45-47.

destinados a diversos aplicativos. Estes robôs são próprios para a indústria automobilística (solda a ponto, solda a arco, pintura), autopeças (alimentação de máquinas, montagem, manipulação de peças) e mecânica (alimentação de máquinas e manipulação). Apesar de serem robôs multifuncionais, estes robôs não necessariamente destinam-se aos mesmos aplicativos, como mostra o Quadro II.

Segundo opinião de técnicos e fabricantes, o robô da D.F. Vasconcellos é o mais adequado para as tarefas de solda a ponto da indústria automobilística, enquanto o robô da Villares é mais próprio para a solda a arco. O produto da D.F. Vasconcellos tem a favor de si, adicionalmente, uma maior capacidade de carga.

A Villares tem capacidade de se constituir em fornecedora de sistemas completos para robôs, por ser uma empresa com atividades diversificadas na área de automação industrial, podendo, desta forma, ter maior participação no valor agregado do custo de instalação do robô.

O segundo grupo compreende duas empresas fabricantes de controles e dez com projetos de fabricação de robôs (tendo dois deles sido abandonados). Os robôs a serem produzidos por este grupo de empresas são em geral manipuladores simples (não sendo classificáveis como robôs dentro da definição americana), a maioria destinada a tarefas de carga e descarga de máquinas. Apesar de uma grande concentração dos projetos em atividades de carga e descarga e manipulação de materiais, as características de cada produto e a capacidade de carga diferenciada garantem um certo grau de especialização na produção das empresas; como mostra

o Quadro III, os diversos tipos de manipuladores atendem a tipos diferentes de máquinas (injetoras de plásticos, retíficas etc.).

Como se depreende da análise precedente, a produção de robôs no Brasil segue o padrão internacional desta indústria, com as grandes empresas procurando desenvolver robôs universais enquanto as de menor porte concentram-se em produtos mais simples, em geral manipuladores, atendendo mercados específicos. O fornecimento de sistemas completos deve concentrar-se inicialmente em empresas de maior porte (Villares) que dispõe de recursos e maior capacitação tecnológica na área de automação industrial.

3.3.3. Desenvolvimento da Tecnologia

O grau de desenvolvimento da tecnologia na área de robótica é incipiente tanto com relação à tecnologia de projeto e fabricação quanto à tecnologia de uso.

A tecnologia de projeto de robôs industriais é reconhecidamente deficiente no caso de robôs universais, tendo sido necessário o licenciamento de produtos estrangeiros neste segmento. Embora técnicos e fabricantes reconheçam que a tecnologia licenciada seja atualizada, as perspectivas de surgimento de novas gerações de robôs "inteligentes" (com percepção sensorial) nos países avançados fazem crer que o segmento de robôs universais deverá depender, no curto e médio prazos, de importações de tecnologia.

No caso de robôs específicos e manipuladores, onde concentram-se os fabricantes com tecnologia própria, a defasagem da tecnologia de projeto nacional é menor, dada a maior simplicidade do equipamento. Embora as possibilidades de geração de tecnologia neste caso sejam mais promissoras, resta saber se a performance dos robôs projetados mostrar-se-á competitiva.

Em relação à tecnologia de fabricação, os maiores problemas estão na parte mecânica dos robôs, dada a deficiência da indústria nacional na área de mecânica fina, necessária à produção de acionamentos, dispositivos de transmissão, motores de pequeno porte e sensores incorporados aos robôs. Os problemas de nacionalização destes componentes expressam-se no longo período de nacionalização dos projetos licenciados (cinco anos) ao fim do qual só se alcançará um índice de nacionalização da ordem de 80% (no primeiro ano, o índice não ultrapassará 20%) (42).

O desenvolvimento da tecnologia de uso de robôs é também deficiente. Como visto, a difusão de robôs industriais é concentrada em poucas empresas, sendo a esmagadora maioria composta de subsidiárias estrangeiras, que contam com tecnologia de uso desenvolvida na matriz, sendo que algumas delas (Volkswagen, GM, IBM) são também fabricantes de robôs.

A incipiência da tecnologia de uso tende a se constituir no maior entrave à difusão de robôs. Isto porque este equipamento exige, quando utilizado em maior escala, alterações profundas no fluxo de materiais e de informações dentro da firma, acarretando, freqüentemente, alterações no

projeto do produto (padronização e modularidade - ver Capítulo 1). O desenvolvimento da tecnologia de uso de robôs industriais demandará o apoio de instituições de pesquisa e ensino, principalmente na formação de recursos humanos (43).

3.4. Produção e Difusão de Sistemas de CAD

3.4.1. O Processo de Difusão

A difusão de sistemas de CAD no Brasil teve início tão somente no início dos anos 80. Em 1983, o número de sistemas instalados limitava-se a 12, número que chega a 70 unidades (sistemas de médio e grande porte) em 1985, ao lado de 50 a 70 sistemas de pequeno porte com base em microcomputadores IBM-PC. O valor anual das vendas de sistemas de médio e grande porte passou de US\$ 6 milhões em 1983 para US\$ 10 milhões em 1985 (44).

Em 1986, o mercado brasileiro de sistemas de CAD deveria atingir um faturamento de US\$ 15 milhões, segundo estimativas da SOBRACON, abrangendo cerca de um quarto do total do mercado de automatização industrial, o que representaria um crescimento real de 35% sobre o faturamento de 1985, incluindo mesas digitadoras, traçadores gráficos ("plotters") e estações de trabalho (45).

(43) Idem, p. 56.

(44) Recorremos novamente ao trabalho de Laplane, M.F. - op. cit., p. 8.

(45) Ver Folha de S. Paulo, 11/11/86, p. 34 e 03/12/86, p. B.2.

A Tabela XXII apresenta a distribuição setorial dos sistemas instalados de CAD de médio e grande porte no Brasil em 1985, para uma amostra de 47 empresas e instituições de pesquisas. A maior parcela dos usuários na indústria concentra-se nos setores de material de transporte, eletrônica e máquinas e equipamentos industriais, a exemplo dos países avançados.

Cabe ressaltar que o número efetivo de empresas usuárias é superior ao número de sistemas instalados, uma vez que diversas empresas (funcionando como "bureaux" de informática - Itaotec, Villares, Compugraf e outras) e instituições de ensino e pesquisa (IPT-SP e PUC-RJ, entre outros) vendem serviços de projeto em CAD (46).

Entre os usuários que contam com sistemas próprios, há um predomínio de empresas de capital nacional para a já citada amostra de 47 empresas, conforme mostra a Tabela XXIII.

Predominam, entre as empresas usuárias, os aplicativos de projetos mecânicos e para placas de circuito impresso (PCB) sendo menos difundidos os aplicativos para engenharia, cartografia e para programação de MFCN (CAD/CAM) (47).

O grau de difusão de sistemas de CAD no Brasil apresenta uma defasagem considerável com relação aos países mais avançados, embora se situe como um dos mercados mais expressivos dentre os países de industrialização recente.

É digno de nota a elevada participação de empre-

(46) Laplane, M.F. - op. cit., p. 8.

(47) Idem, p. 11.

sas nacionais dentre os sistemas instalados, ao contrário do verificado entre usuários de MFCN e robôs, onde há predomínio de subsidiárias estrangeiras. Isso mostra que, se de um lado as empresas estrangeiras tem tido uma maior rapidez na atualização de seus processos produtivos, as empresas nacionais têm se constituído no mercado mais importante para sistemas de projeto por computador, uma vez que é fato conhecido que as subsidiárias estrangeiras concentram as atividades de projeto na matriz, restando à filial o detalhamento e adaptação do projeto às condições locais (ver, no Capítulo 4 a análise para o setor de bens de capital).

3.4.2. A Produção de Sistemas de CAD: Análise dos Projetos Aprovados, Perspectivas e Estratégias de Concorrência

Até o final do ano de 1984, não existia produção nacional de sistemas de CAD, sendo o mercado atendido pela importação de sistemas "turnkey" de fabricantes americanos. Dentre estes, destacavam-se a Intergraph e a Computervision, que respondiam por cerca de dois terços dos sistemas instalados.

Em novembro de 1984, a SEI convocou as empresas nacionais a apresentarem projetos de fabricação de sistemas de CAD dentro do regime de reserva de mercado. Em março de 1985, através do comunicado conjunto STI-SEI nº 004/85, foram aprovados projetos de 18 empresas nacionais.

No Quadro IV os projetos aprovados são classificados em três categorias. No primeiro grupo, estão as empresas

que comercializarão sistemas sofisticados com base em computadores de médio e grande porte, com licenciamento de tecnologia estrangeira. Na composição do segundo grupo entram as empresas que atuarão no segmento de pequeno porte (microcomputadores) com ou sem licenciamento de SFW estrangeiro. O último grupo é formado por fabricantes de periféricos para CAD ou empresas que atuarão no desenvolvimento de SFW gráfico, com tecnologia própria (48).

Entre os fabricantes que tiveram projetos aprovados para sistemas de médio e grande porte, destacam-se empresas ligadas a grandes grupos industriais com alguma experiência na área de informática. No segundo e terceiro grupos há o predomínio de empresas independentes de menor porte com atuação na indústria de informática (COMICRO, SPLICE, STI, MEGA SYSTEMS) ou de automação industrial (SMAR, DIGICON). A Itautec (Grupo Itaú) e a Mentat (grupo Mangels) são exceções à regra, sendo ligadas a grandes grupos econômicos.

Estratégias de Concorrência

A análise das estratégias de concorrência na indústria de CAD feita por Laplane (49) parte da divisão desta indústria nos três segmentos apontados no Quadro IV.

Dentre as empresas do segmento de médio e grande

(48) Idem, p. 14.

(49) Idem, pp. 14-25.

porte, duas (Villares e A. Donato) licenciaram SFW desenvolvido nos anos 70, compatível apenas com computadores de grande porte, o mesmo ocorrendo com o SFW Euclid (para modelagem mecânica) licenciado pela Compugraf.

Quatro dos projetos aprovados contemplaram o licenciamento da estação de trabalho, como se vê no Quadro V. A Sisgraph licenciou o sistema da Intergraph, envolvendo SFW e a estação de trabalho Interpro 32, recentemente lançada nos EUA. A Edisa licenciou o SFW da Hewlett-Packard juntamente com a estação de trabalho HP-9.000. A Compugraf deve nacionalizar a estação de trabalho da Scientific Calculations e o SFW da mesma empresa para placas de circuito impresso.

A Multicad pretendia licenciar a estação de trabalho Apollo de última geração, com SFW aplicativo da Calma/GE. No entanto, a Apollo recusou-se a licenciar a tecnologia, forçando a empresa a procurar o concurso de um fabricante nacional; as estações de trabalho da Multicad deverão utilizar o microcomputador de 32 bits PEGASUS, desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, que exige o aperfeiçoamento do sistema operacional Plurix.

Em termos de SFW, dois projetos (A. Donato e Compugraf) contemplaram um número reduzido de aplicativos, com os demais constituindo-se em sistemas multiplicativos.

Ao cruzarmos as estratégias em relação ao HRW e SFW, vemos que três empresas (Sisgraph, Multicad e Edisa) comercializarão sistemas "turnkey" envolvendo o HRW e SFW multiplicativo. A Artur Donato e a Compugraf procuraram ocupar nichos na área de SFW (para construção naval e modelagem mecâ

nica, respectivamente) embora a Compugraf também tenha licenciado a estação de trabalho para o aplicativo de placas de circuito impresso. Embora forneça SFW para vários aplicativos, a Villares não produzirá a estação de trabalho.

Entre as empresas que fornecerão SFW multiaplicativo, a vantagem parece estar com a Edisa, que terá acesso à tecnologia atualizada da Hewlett-Packard. A Sisgraph, apesar de comercializar sistemas Intergraph já aceitos no mercado nacional, enfrentará o problema do SFW da estação Interpro 32, que ainda está em desenvolvimento. A Multicad, por sua vez, deverá efetuar um esforço de adaptação do SFW da Calma para a estação baseada no PEGASUS. A Villares e a Compugraf atuam majoritariamente como prestadoras de serviços em CAD e provavelmente buscarão consolidar esta posição mais do que comercializar sistemas; e a A. Donato atua em um nicho de mercado (construção naval).

O segundo grupo de empresas atuará na faixa de mercado de sistemas menos sofisticados com base em microcomputadores de 8 ou 16 bits. Enquanto algumas empresas contam com tecnologia própria (Smar, Itaotec e Splice) outras licenciaram tecnologia para o SFW (50): a Comicro (da T & W), Mentat (Siemens) e Exacta (da CLM Systems).

As empresas que licenciaram tecnologia contam com grandes vantagens em relação às empresas que desenvolvem tecnologia própria, uma vez que a empresa licenciada não necessita investir pesadamente em P & D, podendo lançar rapidamente

(50) O licenciamento de tecnologia para o HRW não foi permitido pela SEI, em função da reserva de mercado para microcomputadores nacionais.

te seu produto no mercado. A vantagem, neste caso, ficou com a Comicro, que licenciou SFW para vários aplicativos, enquanto a Mentat e a Exacta comercializarão sistemas específicos (modelagem mecânica e construção civil, respectivamente). Quando aprovados, os projetos das empresas nacionais encontravam-se ainda em desenvolvimento.

No caso das empresas produzindo periféricos para CAD, a maior parte deverá fornecê-los para os fabricantes de pequeno porte; no caso das empresas que desenvolverão SFW, a Metriker comercializará um aplicativo para a indústria de calçados (desenvolvido na UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina) e a Tecnema ofertará um SFW de alto nível para desenvolvimento de aplicativos.

Nos anos de 1985 e 1986, novas empresas ingressaram no mercado de CAD com desenvolvimentos próprios, assim como algumas empresas existentes fizeram novos lançamentos, principalmente em sistemas de pequeno porte e software.

A novidade mais expressiva foi o lançamento de estações de trabalho de pequeno porte baseadas em microcomputadores PC-AT (32 bits). A Comicro lançou, no final de 1986, quatro modelos de estação de trabalho com base no PC-AT, que, ao oferecerem maior capacidade de processamento, poderão efetuar tarefas de modelagem de superfície, recurso que confere maior realismo às imagens. Outra empresa que lançou uma estação de trabalho com base no PC-AT é a Datanav (empresa nova no mercado de CAD), que é também a única empresa nacional fabricante de monitores de vídeo coloridos de alta resolução para CAD (51).

(51) Ver Folha de S. Paulo, 19/11/86, p. B2 e 03/12/86, p. B2.

A importância do lançamento de estações de trabalho com base no PC-AT está em criar sistemas que, em termos de preços e capacidade de processamento, poderão concorrer com os sistemas de fabricantes de médio e grande porte. A estação de trabalho da Datanav, por exemplo, possui um monitor de vídeo colorido de alta resolução e capacidade de memória de até 4 Megabytes, a exemplo da estação Interpro 32 da Sisgraph. Embora esta última seja mais veloz e suporte um SFW mais sofisticado, ela tem um preço duas vezes superior ao da estação de trabalho da Datanav (52).

Novos aplicativos para CAD também surgiram no mercado. A Stal-CAD (empresa nova no mercado) lançou um aplicativo para desenho em duas dimensões para micros PC-XT; a Mega Systems colocou no mercado um aplicativo para placas de circuito impresso; e a Sisnav (do grupo Datanav) lançou um SFW para desenhos na área mecânica e eletroeletrônica (53).

Duas empresas fabricantes de CN (Maxitec e Digi-con) lançaram SFW aplicativo para o CAM. Estes programas permitem que, a partir de informações geradas por desenhos de duas dimensões, obtenha-se o programa que comandará as operações de usinagem da MFCN (54).

A análise das empresas que compõem a indústria de CAD no Brasil mostra uma configuração similar àquela observada no cenário internacional.

Em relação ao HRW, observa-se, de um lado, empre-

(52) Idem, ibidem.

(53) Ver Folha de S. Paulo, 03/12/85, p. B2.

(54) Ver Dados e Idéias - setembro 1986, p. 18 e Folha de S. Paulo, 03/12/86, p. B2.

sas que optaram em produzir estações de trabalho sofisticadas com tecnologia licenciada, e de outro, empresas que adquirirão as estações de terceiros, viabilizando o surgimento de empresas fornecedoras (envolvendo também outros periféricos como "plotters", monitores de vídeo etc.).

Quanto ao SFW, há tanto empresas atuando com diversos aplicativos, como outras que se especializaram em um ou dois aplicativos. O crescimento dos setores usuários vem estimulando o surgimento de firmas especializadas no desenvolvimento de SFW para CAD, a exemplo do verificado no contexto mundial.

Entre as empresas que já iniciaram a comercialização de sistemas, a vantagem está com a Comicro, empresa que instalou 70 sistemas em 55 clientes. Outra empresa pertencente ao segmento de pequeno porte, a Itautec, esperava vender de 5 a 6 sistemas até o final de 1986 (55).

No caso das empresas atuando no segmento de médio e grande porte, só obteve-se referências no caso da Sisgraph, que, desde 1985 já instalou trinta sistemas em cinco clientes (56).

As perspectivas de crescimento do mercado apontam de modo mais promissor para as empresas que comercializam sistemas de menor porte, principalmente com o surgimento das estações de trabalho baseadas no PC-AT. A Comicro espera comercializar 300 sistemas deste tipo ao longo de 1987, o que exigiu que a empresa ampliasse sua escala produtiva de quin-

(55) Ver Dados e Idéias, setembro 1986, p. 18

(56) Idem, p. 13.

ze para quarenta sistemas/mês. A empresa pretende também criar um "joint-venture" na Argentina, que comercializaria sistemas de CAD exportados do Brasil (57).

3.4.3. Gestão da Tecnologia

O desenvolvimento tecnológico nacional de sistemas de CAD envolve a capacitação das empresas em tecnologia de projeto e fabricação de tais sistemas, acompanhando as tendências tecnológicas surgidas nos países centrais (especialmente o advento de sistemas descentralizados de pequeno porte e a automação por integração), bem como o desenvolvimento de tecnologia de uso destes equipamentos por parte dos usuários.

No tocante à tecnologia de projeto, é necessário distinguir entre as empresas que atuam no segmento de pequeno porte e médio/grande porte.

No segmento de pequeno porte, a indústria nacional tem mostrado capacitação para atender as evoluções da indústria de computadores no caso do HRW, como atesta o recente lançamento de estações de trabalho baseados no PC-AT. Entretanto os desenvolvimentos na área de SFW são ainda incipientes. Prova disso é o rápido crescimento da Comicro, fornecendo um equipamento multiplicativo com licenciamento de tecnologia para o SFW.

(57) Ver Folha de S. paulo, 03/12/86, p. B2. e Gazeta Mercantil, 11/03/87, p. 10.

Os problemas são maiores no segmento de médio e grande porte, onde o licenciamento de tecnologia abrange tanto o HRW quanto o SFW, dada a impossibilidade das empresas nacionais desenvolverem tecnologia mais sofisticada.

É importante observar que, segundo informações de técnicos ligados ao setor, houve resistência dos fabricantes americanos em transferir tecnologia de última geração. A IBM não participou da convocatória da SEI; a Computervision e a Gerber recusaram-se a "abrir" o SFW de seus sistemas, o que provavelmente levou a SEI a recusar os projetos que licenciavam tecnologia destas empresas; a Apollo desistiu de licenciar sua estação de trabalho de última geração. Apenas a Calma/GE, a Intergraph e a Hewlett-Packard licenciaram sistemas mais atualizados, existindo, contudo, limitações quanto ao desenvolvimento de SFW aplicativo (58).

Uma vez que a indústria de CAD no plano mundial tem mostrado um forte dinamismo tecnológico via incorporação de inovações das indústrias microeletrônicas e de computadores, os projetos nacionais do segmento de médio e grande porte correm o risco de se tornarem obsoletos durante o processo de nacionalização.

Em termos de tecnologia de fabricação, a atenção volta-se sobre os cronogramas de nacionalização do HRW dos sistemas de médio e grande porte, bem como dos periféricos utilizados nestes sistemas e nas estações de pequeno porte.

(58) Ver Laplane, M.F. - Op. cit., pp. 29-30. Segundo a opinião de técnicos ligados à área de CAD, existiriam limitações mesmo para a importação de sistemas de CAD americanos com tecnologia de ponta para instituições de pesquisa brasileiras.

O cronograma de nacionalização dos sistemas licenciados teve até agora um desenvolvimento lento. Segundo estima a SOBRACON, o índice de nacionalização destes sistemas não ultrapassaria 10% ao final de 1986 (59).

A nacionalização da central de processamento (CPU), para os fabricantes de grande porte, tem sido dirigida para superminicomputadores nacionais com tecnologia licenciada como o MX 850 da Elebra, o Cyber 830 da Moddata e o Cobra 1000. Apenas o projeto da Multicad usaria um supermicro de tecnologia nacional, o Pegasus, desenvolvido pela UFRJ.

A nacionalização do monitor de vídeo conta apenas com a produção de uma empresa, a Datanav, que iniciou em 1986 a fabricação de um monitor de vídeo colorido de alta resolução, esperando comercializar cerca de duzentas unidades em 1987 (60).

Na produção de periféricos para CAD, existiam, ao final de 1986 quatro empresas fabricando mesas digitalizadoras e três na produção de traçadoras gráficas ("plotters") (61).

Embora faltem maiores informações, a nacionalização dos diversos componentes dos sistemas de CAD parece concentrar-se nos equipamentos de pequeno porte, como atesta o baixo índice de nacionalização dos sistemas de grande porte.

Enfrentando custos elevados de P & D e formação de recursos humanos nos anos iniciais do empreendimento, fren

(59) Ver Folha de S. Paulo, 11/11/86, p. 34.

(60) Ver Dados e Idéias, setembro 1986, p. 14.

(61) Ver Folha de S. Paulo, 03/12/86, p. B2.

te a um mercado nascente, os fabricantes de CAD têm comercializado os sistemas com um custo consideravelmente superior ao do similar importado. Segundo declaração de um representante da Compugraf, o preço do supermini nacional é três vezes superior ao do estrangeiro, fazendo com que o peso do HRW no preço final do sistema seja de 60%, quando o normal seria em torno de 30% (62).

O preço excessivo do HRW nacional para CAD vai contra a tendência verificada no plano mundial. De acordo com opinião de um diretor da Calma (EUA), a crescente competição na indústria de computadores, de um lado, e o aumento da sofisticação do SFW aplicativo, de outro, tendem a reduzir o custo do HRW dos equipamentos de CAD relativamente ao SFW (63).

O elevado preço dos sistemas nacionais de CAD tem levado muitos usuários a compartilharem o uso de seus sistemas via prestação de serviços para outros usuários, como no caso da Compugraf, Villares e Arthur Donato.

Outra questão a ser enfrentada pelos fabricantes, especialmente no segmento de médio e grande porte é a definição de normas técnicas que viabilizem a conexão de equipamentos de marcas diferentes e a integração do CAD com outros EAM, permitindo a obtenção do CAD/CAM e, futuramente, do CIM. Algumas normas técnicas já foram homologadas, no plano internacional, pela ISO ("International Standards Organization"), enquanto outras encontram-se em desenvolvimento (64).

(62) Ver Dados e Idéias, setembro 1986, p. 16.

(63) Ver Folha de S. Paulo, 03/12/86, p. B2.

(64) Ver Laplane, M.F. - op. cit., p. 34.

O desenvolvimento de tecnologia de uso de sistemas de CAD é outro ponto fundamental para a disseminação desta tecnologia. Segundo consultas feitas junto a técnicos do setor e declarações de empresas usuárias, a deficiência de recursos humanos para operação de sistemas de CAD tem impedido que os usuários afirmem os benefícios potenciais destes equipamentos, principalmente no caso de "turnkeys".

O aprimoramento da tecnologia de uso em CAD esbarra nas deficiências de tecnologia de projeto nas indústrias nacionais na área de mecânica, eletrônica e material de transporte, principais usuários potenciais de CAD, uma vez que estes setores são, de um modo geral, dominados por subsidiárias estrangeiras ou empresas nacionais com acordos de licenciamento de tecnologia (65).

As dificuldades enfrentadas pelos usuários de CAD têm levado à constituição de associações para troca de experiências no uso deste equipamento, tais como a ABUSI - Associação Brasileira de Usuários de Sistemas Sisgraph-Intergraph, criada em 1985 e o Clube de Usuários de CAD/CAM (66).

O desenvolvimento tecnológico nacional no uso, projeto e fabricação de sistemas de CAD exigirá o firme concurso de instituições de pesquisas e universidades, especialmente na formação de recursos humanos especializados. Para tanto, mostra-se necessária a adaptação de currículos universitários nas áreas de engenharia e computação (67).

(65) Idem, pp.28-29.

(66) Ver Laplane, M.F. - op. cit., p. 13 e Dados e Idéias, setembro 1986, p. 14.

(67) Ver Laplane, M.F. - op. cit., pp. 33-34.

3.5. Infra-Estrutura de C & T na Área de Automação Industrial

Neste item pretende-se apresentar as instituições de pesquisa e universidades com atuação no campo da automação industrial, bem como o quadro da formação de recursos humanos na área.

3.5.1. O Quadro Institucional

O primeiro centro de pesquisas na área de automação industrial foi o GRUCON - Grupo de Pesquisa e Treinamento em Comando Numérico, da Universidade Federal de Santa Catarina, criado em 1978 - tendo firmado na época um convênio com a Universidade Técnica do Reno-Westfalia (RFA). O GRUCON oferece cursos de programação em CN, além de efetuar pesquisa básica e desenvolvimento de produtos com empresas, tais como o SFW para indústria de calçados para CAD, comercializado pela Metriker. O laboratório desta instituição conta com um torno de CN e um centro de usinagem, prevendo-se a incorporação, em 1986, de uma estação de CAD e um robô multifuncional RV 6060 da Villares.

Em 1980, foi criada a SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, entidade cujo objetivo fundamental era a difusão da tecnologia do CN no Brasil, através de cursos (área técnica e empresarial), visitas a empresas e se-

minários, tais como os Seminários de Comando Numérico no Brasil. Posteriormente, a entidade passou também a atuar nas áreas de robótica, controle de processos e CAD/CAM, passando a promover simpósios sobre estes equipamentos. A SOBRACON publica um boletim com artigos técnicos e levantamentos estatísticos sobre a difusão dos equipamentos de automação industrial, possuindo, ainda, grupos de trabalho para o levantamento de informações e atuação na área de normalização, entre outros (68).

Em maio de 1984, foi criado o Instituto de Automação, ligado ao centro Tecnológico para a Informática, em Campinas - São Paulo, que atua na área de desenvolvimento e pesquisa básica. A principal área de atuação do IA/CTI é na área de controle de processos, desenvolvendo vários projetos para empresas estatais. O Departamento de Automação da Manufatura vem atuando em associações com empresas privadas nas várias áreas de CAD/CAM e robótica, contando com uma estação de CAD e um robô Puma; neste departamento também são desenvolvidos projetos na área de FMS, visando criar ilhas de automação. Além destas atividades, o Departamento de Engenharia Integrada de Automação vem procurando criar um sistema que automatize a produção de SFW para automação industrial e controle de processos. O IA/CTI mantém acordos de cooperação com universidades brasileiras e instituições estrangeiras (69).

(68) Ver Data News - Extra - Automação Industrial - Ano X, nº 298, p. 16 e Exame Informática, nº 4 - suplemento do nº 355, 09/07/86, p. 20. A criação do GRUCON e da SOBRACON contou com a iniciativa de um grupo de engenheiros aglutinados na Universidade Federal de Santa Catarina.

(69) Ver, Almeida, L.T. - A Política de Automação Industrial no Brasil - IE/UNICAMP, 1985, mimeo - pp. 1-3.

Em 1984 também é criado o CERTI - Centro Regional de Tecnologia e Automação de Santa Catarina. Outros centros de P & D na área de automação são o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, e o recentemente criado Centro de Tecnologia em Instrumentação e Automação do Rio de Janeiro (CENTERJ) ligado ao Núcleo de Inovação Tecnológica da UFRJ.

Na área de robótica, destacam-se as atividades da Escola Politécnica da USP e o Centro de Robótica da Universidade Federal do Espírito Santo, além do NAI - Núcleo de Automação Industrial da UNICAMP, que desenvolve tecnologia de uso contando com um robô cedido pela IBM.

Na área de treinamento de operadores de CN destacam-se as atividades do SENAI, cuja unidade mais bem equipada, o Centro de Tecnologia Euvaldo Lodi, localiza-se no Rio de Janeiro, contando com uma ilha de automação.

Como pode ser visto, os centros de pesquisa e universidades ingressaram apenas recentemente em atividades de pesquisa na área de automação industrial (com exceção do GRUCON/UFSC).

Entre os fabricantes e usuários de MFCN existe um consenso em relação à deficiência da infra-estrutura de ciência e tecnologia. São raros os casos de desenvolvimento conjunto entre empresas e centros de pesquisa, havendo ainda deficiência na pesquisa básica.

A consolidação técnica e financeira das instituições de pesquisa e ensino na área de automação industrial é essencial para o desenvolvimento tecnológico na área, em conjunto com empresas fabricantes e usuários. É preocupante, nes

te sentido, o considerável atraso das instituições de pesquisa nacionais na área em relação ao contexto internacional (ver Capítulo 2).

3.5.2. Formação de Recursos Humanos

É consenso entre fabricantes, usuários e técnicos que a infra-estrutura de formação de recursos humanos para a área de automação industrial é extremamente deficiente, constituindo-se no maior obstáculo à produção e difusão dos EAM.

As maiores deficiências ocorrem na área de SFW, em função da interdisciplinariedade envolvida, que exige que a formação se dê ao nível de pós-graduação.

Recentemente, foi proposto um programa de formação na área de SFW para automação industrial ao nível de mestrado e doutorado (70). O programa com duração de três anos, envolveria conhecimentos nas áreas de matemática e estatística, eletro-eletrônica, ciência de computação, processos industriais, desenho, projeto e fabricação com o auxílio do computador (CAD/CAM). O curso compreenderia uma parte teórica e outra a ser ministrada em ambiente industrial.

O surgimento da proposta acima apenas evidencia a complexidade da formação de pessoal na área de automação in

(70) Ver Moraes Filho, W.R. - A Formação de Pessoal de Nível Superior na Área de Software para Automação Industrial - Anais do 6º Seminário de Comando Numérico do Brasil - São Paulo, agosto de 1986, texto nº 10.

dustrial, que esbarra atualmente na inadequação de currículos universitários de graduação e pós-graduação, em função da exigência de multidisciplinariedade.

Na área do HRW, existem problemas similares, uma vez que o projeto e fabricação dos EAM demanda o concurso de conhecimentos de mecânica e eletrônica.

A criação de cursos multidisciplinares ao nível de pós-graduação e a adequação de currículos de graduação parecem ser a solução para impulsionar a formação de recursos humanos tanto ao nível do SFW como para o HRW, permitindo desonerar as empresas fabricantes e usuárias de longos e caros períodos de formação de pessoal.

3.6. O Papel das Políticas Públicas

3.6.1. A Reserva de Mercado

A política de reserva de mercado é sem dúvida a principal medida governamental de apoio à produção e difusão de equipamentos de automação industrial. Como visto no Capítulo 2, são escassos os países que contam com uma política explícita no apoio à produção dos EAM.

A partir de 1980, a SEI passou a emitir atos normativos e comunicados convocando empresas nacionais a apresentarem projetos de fabricação de comandos numéricos, controladores de processos, sistemas de CAD e robôs, como visto ante-

riormente. A partir de outubro de 1984, a política de reserva de mercado passa a ser apoiada por um texto legal, a lei 7.232, que instituiu a reserva de mercado para produtos de informática, incluindo o segmento da automação industrial (71).

A política de reserva de mercado na área de automação tinha como primeiro objetivo a criação e consolidação da indústria fabricante de equipamentos de automação industrial. Para isso, os projetos de produção deveriam ficar a cargo de empresas nacionais, passando a SEI a efetuar o controle de importações destes equipamentos, bloqueando as compras externas de produtos similares àqueles fabricados internamente.

A análise precedente indicou que a produção de EAM no Brasil tem apresentado perspectivas promissoras a partir da reserva de mercado, com rápidos avanços na substituição de importações, particularmente no caso de MFCN e CAD. No caso de robôs, as perspectivas são mais promissoras para os manipuladores simples, dada a incerteza envolvendo os investimentos da indústria automobilística em robôs reprogramáveis.

Apesar de viabilizar rapidamente o surgimento de

(71) Entre os principais dispositivos da lei 7.232, destaca-se a criação do CONIN - Conselho Nacional de Informática e Automação, com o objetivo de assessorar o Presidente da República na implementação da Política Nacional de Informática. Composto de ministros de Estado e representantes de associações empresariais, cabe ao CONIN propor, a cada três anos, (e supervisionar a execução) o PLANIN - Plano Nacional de Informática e Automação. Ver Almeida, L.T. - "A Política ..." - op. cit., p. 3.

uma indústria nascente (72), vários fatores mostram que o êxito da política de reserva de mercado é apenas relativo. Mesmo do ponto de vista da produção, já se destacou anteriormente os problemas dos preços elevados dos EAM nacionais vis-à-vis os similares importados, ao lado da lentidão dos cronogramas de nacionalização, atestando a incapacitação da indústria nacional em fornecer alguns componentes ou partes dos EAM.

As limitações da política de reserva de mercado mostram-se com maior evidência nas áreas de desenvolvimento de tecnologia de projeto e de tecnologia de uso.

No caso da primeira, vê-se que foi necessário o recurso ao licenciamento de tecnologia para a produção da geração mais avançada de cada um dos EAM estudados. Conquanto já se observe uma capacitação nacional em projeto de EAM menos sofisticados, os rápidos deslocamentos da fronteira tecnológica no plano internacional fazem supor que o licenciamento poderá ser o único recurso para administrar o hiato tecnológico com os países centrais, atendendo as necessidades dos setores usuários mais sofisticados e internacionalizados.

As carências maiores ficam por conta da tecnologia de uso, em função da mencionada deficiência da infraestrutura de ciência e tecnologia e da formação de recursos humanos especializados. Este problema faz-se sentir mais fortemente no caso das empresas nacionais, uma vez que as subsi

(72) Em 1982, apenas 5 empresas nacionais atuavam no mercado de automação industrial, número que alcançou 75 empresas no início de 1987. Ver Folha de S. Paulo, 15/04/87, p. B2.

diárias estrangeiras contam com o apoio técnico de suas matrizes.

O quadro apresentado acima mostra a necessidade de complementação da política de reserva de mercado, conciliando a capacitação de fabricação dos EAM com programas de pesquisa básica e de desenvolvimento de produtos a serem empreendidos por instituições de pesquisas e universidades. Uma política de formação de recursos humanos na área faz-se também essencial, permitindo reduzir custos dos fabricantes, bem como ampliar o leque dos setores usuários.

3.6.2. Incentivos Fiscais e Política de Crédito

O 1º PLANIN, aprovado em abril de 1986, ao lado de uma série de prescrições genéricas, apresentou, entre suas principais medidas, a definição de incentivos fiscais para a área de informática.

Os principais incentivos contemplados no 1º PLANIN que beneficiam as empresas da área de automação industrial são: dedução em dobro dos gastos de P & D e de formação de recursos humanos da declaração do imposto de renda; isenção de impostos de importação, IPI e IOF para bens do ativo fixo nacionais ou importados, a serem empregados na produção ou em P & D, e permissão de depreciação acelerada para os bens do ativo fixo acima referidos (73).

(73) Ver Almeida, L.T. - "A Política ..." - op. cit., p. 7.

Na área de crédito, o BNDES aprovou, em setembro de 1985, um programa de apoio à micro, pequena e média empresa na área de informática e uma linha de crédito para financiamento de comercialização (o PROINFO). No caso do crédito para comercialização, dispensou-se a exigência de índices de nacionalização de 85% para empresas que contam com um programa de nacionalização que pretenda atingir tal índice prospectivamente. Esta medida beneficia potencialmente a área de automação, haja visto os baixos índices alcançados por ora.

Ainda, foi criada uma linha de crédito da FINEP, que destinou Cr\$ 20 bilhões para o suporte à pesquisa e desenvolvimento de software básico, de apoio e dedicado, ficando de fora os aplicativos.

Foi ainda firmado um protocolo de cooperação SEI/BNDES/FINAME, voltado para a comercialização de HRW, que contaria, em conjunto com o PROINFO, com US\$ 50 milhões em 1985 e US\$ 150 milhões em 1986 (74).

3.6.3. Normalização

Considerando que a primeira etapa da automação industrial (a produção dos equipamentos) está em bom rumo, a SEI pretende dar o próximo passo: a interligação dos equipa-

(74) Ver Folha de S. Paulo, 06/11/85. Dada a constituição relativamente recente dos incentivos, não foi possível saber de que forma eles vêm beneficiando fabricantes e usuários de EAM.

mentos, etapa fundamental para se chegar ao CAD/CAM e ao CIM. Isso exige a padronização dos protocolos, já que as empresas têm criado "ilhas de automação".

Atualmente, só existem protocolos privados que são lentos ("off-line") e inadequados para o CIM. A SEI pretendia criar um grupo de trabalho para esta questão em 1986, envolvendo as áreas de automação da manufatura e controle de processos, apesar de saber que esbarrará nos interesses de vários fabricantes. Uma possível solução, já adotada internacionalmente é a rede MAP ("Manufacturing Automation Protocol"), que está sendo implantada pela GM, dentro da padronização OSI (ver Tópico 1.4.1.4. acima).

A médio prazo (três anos a partir da aprovação do PLANIN), deverão ser homologados projetos de empresas nacionais para desenvolvimento e fabricação de sistemas integrados de projeto, produção e fabricação, como os FMS e CAT ("Computer Aided Testing") (75).

3.7. Conclusões

A análise feita neste capítulo, retratando a situação da produção e difusão dos EAM no Brasil, teve como objetivo avaliar as ramificações da trajetória tecnológica da automação flexível no caso brasileiro.

A difusão dos EAM na indústria brasileira ini-

(75) Ver Dados e idéias, setembro 1985, p. 119.

ciou-se com um atraso considerável frente aos países centrais, sendo o número destes equipamentos instalados no Brasil apenas uma pequena fração da prevalente nos EUA, Japão e Europa.

Em geral, a difusão dos EAM esteve ligada ao processo de diversificação da pauta de exportações industriais, ao longo dos anos 70 e início dos anos 80, em direção a produtos manufaturados de maior complexidade. Em termos dos processos produtivos manufatureiros, o maior avanço veio da indústria de material de transporte, com destaque para a indústria automobilística/autopeças, mas também envolvendo as indústrias aeronáutica e de construção naval. Outros setores que passaram a exportar crescentemente manufaturados foram a indústria mecânica, de armamentos e de calçados.

Enfrentando mercados fortemente competitivos e com requisitos rígidos em termos de controle de qualidade e segurança (caso da indústria automobilística e aeronáutica) os exportadores de manufaturados foram levados a modernizarem seus processos produtivos, mais por exigências tecnológicas (maior precisão e confiabilidade) do que de custos, passando a empregar os EAM de forma crescente.

Observou-se na análise precedente que a maioria dos robôs e MFCN instalados no Brasil foram demandados por empresas de capital estrangeiro, freqüentemente ligadas a programas de exportação. As subsidiárias estrangeiras contaram tanto com tecnologia de uso desenvolvida pela matriz quanto com recursos financeiros para arcar com os elevados investimentos necessários à implementação dos EAM. O caráter estratégico da automação flexível levou grandes empresas nacionais

a incorporarem os EAM, também em função de programas de exportação; as empresas nacionais de grande porte passaram a constituir o principal mercado para sistemas de CAD, dada a limitação das atividades de projeto por parte das empresas estrangeiras.

Os desenvolvimentos da trajetória tecnológica da automação flexível apontam caminhos diversos para empresas grandes (nacionais e estrangeiras) de um lado, e empresas pequenas e médias, de outro. As primeiras tenderão a incorporar progressivamente estágios mais avançados da automação por integração, enquanto as últimas, se superarem as limitações técnicas e financeiras, concentrarão suas demandas em configurações isoladas.

A produção dos EAM encontra-se em estágio ainda mais incipiente, notadamente no caso de robôs industriais e sistemas de CAD. Entretanto, já se faz possível delimitar uma bipartição da indústria de EAM: de um lado, os fabricantes de equipamentos sofisticados, ofertando muitas vezes produtos de última geração, com base em licenciamentos de tecnologia; de outro, o segmento de tecnologia mais simples, com uma significativa presença de projetos de tecnologia nacional. Como visto no Capítulo 2, esta segmentação entre EAM mais e menos sofisticados também prevalece no contexto internacional.

O hiato tecnológico considerável envolvido na produção de EAM mais complexos forçou os fabricantes a recorrerem à importação de tecnologia, no caso de CN de 16 bits, robôs universais e sistemas de CAD de médio e grande porte. Este segmento atende às necessidades de usuários sofisticados e, ao que tudo indica, terá de manter-se atualizado com as

constantes evoluções da fronteira tecnológica, notadamente no sentido da automação por integração.

A crescente diversificação dos setores usuários (não passíveis de atendimento por meio dos produtos padronizados dos grandes fabricantes) e a possibilidade de atender às necessidades dos usuários com equipamentos mais simples, permitiu que diversas empresas nacionais ingressassem na produção de EAM (ou que diversificassem sua linha de produtos neste setor), a partir de desenvolvimentos próprios de tecnologia.

No caso dos produtos menos sofisticados, pode-se citar as MFCN (especialmente tornos) com CN de 8 bits, os manipuladores seqüenciais e os sistemas de CAD de pequeno porte (microprocessador de 8 ou 16 bits). Em relação aos EAM voltados para necessidades específicas, menciona-se o CN de 8 bits dedicado a retíficas, os manipuladores voltados para a carga e descarga de máquinas específicas e o aplicativo de SFW para CAD destinado à indústria de calçados.

Tanto por representar equipamentos mais simples como por (em geral) prescindir do licenciamento tecnológico, este segmento tem preços significativamente menores dos que prevalecem na produção dos EAM licenciados. Neste sentido, os EAM menos sofisticados são aqueles mais aptos à difusão em pequenas e médias empresas e, ao mesmo tempo, aqueles que têm maior potencial, a médio e longo prazos, de alcançar competitividade nos mercados externos.

Viu-se na análise precedente (Capítulo 2) que o sucesso da estratégia japonesa em MFCN ligou-se à produção de máquinas de uso geral padronizadas e simples. A indústria

brasileira, que alcançou competitividade externa em MF de uso geral convencionais, enfrenta a ameaça de perda de mercados em função da substituição da MF convencional por MFCN. O desenvolvimento de MFCN de uso geral menos sofisticadas, (a exemplo do torno da Nardini com CN de 8 bits da MCS, recentemente lançado) parece ser o caminho mais promissor para manter a competitividade externa da indústria de MF.

A combinação de vantagens comparativas estáticas (custo de mão-de-obra e insumos) com ganhos de aprendizado na produção e difusão de EAM menos sofisticados e/ou atendendo soluções específicas, a partir do desenvolvimento da ramificação da trajetória tecnológica, pode intitular o Brasil à competitividade internacional a partir de uma tecnologia mais simples, a exemplo do ocorrido nas indústrias automobilística, aeronáutica e de armamentos (ver Introdução).

Atualmente, embora os EAM nacionais mostrem-se competitivos em termos de qualidade (caso das MFCN), o mesmo não ocorre em termos dos preços. Ao lado de gastos elevados em P & D e nos custos de produção, o alto preço dos EAM parece refletir incertezas quanto à continuidade da política de reserva de mercado, aliado a elevadas barreiras à entrada e demanda aquecida, especialmente no caso dos produtos licenciados. Neste contexto, a redução dos preços dos EAM nacionais vis-à-vis os similares importados configura-se uma incógnita no caso do segmento de tecnologia complexa; no caso dos EAM mais simples e específicos, as menores barreiras à entrada tendem a favorecer um nível de preços mais baixo, assemelhando-se mais ao quadro prevalecente na indústria nacional de microcomputadores, que, desde a implantação da reserva de mercado teve reduções de preço significativas em

relação ao contexto internacional.

A redução dos preços dos EAM nacionais liga-se também à evolução dos cronogramas de nacionalização, exigindo-se que as partes e componentes nacionais não onerem o custo final do produto. A lentidão dos cronogramas de nacionalização mostra, por outro lado, que a produção dos EAM dificilmente alcançará os índices de nacionalização observados na indústria de bens de capital no período recente (em geral, em torno de 80%) sob pena de produzir EAM não competitivos em preço e/ou qualidade, especialmente pela antecipação de desenvolvimentos futuros na tecnologia destes equipamentos.

Não se acredita, igualmente, que a segmentação da indústria de EAM seja revertida a curto e médio prazos. Os rápidos deslocamentos previsíveis da fronteira tecnológica provavelmente exigirão, no segmento de EAM mais complexos, o recurso a novas importações de tecnologia, em função das deficiências do aparato institucional de C & T e de formação de recursos humanos na área de automação industrial.

No entanto, é possível supor que empresas atuando no segmento menos sofisticado capacitem-se a ofertar produtos de complexidade intermediária, criando intersecções com a faixa de mercado dos EAM mais complexos. O lançamento recente de sistemas de CAD com base no PC-AT é um exemplo disto.

O surgimento de uma indústria nacional fabricante de EAM, com diversas empresas desenvolvendo tecnologia própria, é, sem dúvida, o principal mérito da política de reserva de mercado. Em sua ausência, o mercado nacional de EAM tenderia a ser dominado por importações ou pela produção de subsidiárias que

concentrariam as atividades de P & D em suas matrizes, como ocorrido no caso da produção de CN antes da reserva.

A política de reserva de mercado é um dos exemplos únicos ao nível mundial de uma política explícita e formal de apoio à capacitação na produção de EAM. No capítulo 2 viu-se que diversos países europeus só contam com políticas de estímulo à difusão destes equipamentos.

Inversamente, a maior deficiência da política nacional na área de automação industrial encontra-se na incipiência da infra-estrutura de C & T, concentrando os investimentos em P & D e de formação de recursos humanos nas empresas.

Só a partir do concurso conjunto de empresas, instituições de pesquisa e universidades é que será viável à indústria nacional de EAM efetivamente desenvolver tecnologia de projeto e de uso, permitindo a sua sobrevivência após o final do período de reserva de mercado. Neste sentido, é extremamente preocupante o nível reduzido de gastos em C & T tradicionalmente observado no Brasil, não superando 1% do PIB contra gastos de 2 a 3% no caso dos países avançados.

A exemplo dos países desenvolvidos, o caráter estratégico do setor de automação industrial o intitula a receber o apoio de incentivos fiscais e creditícios de forma a financiar os gastos de P & D dos fabricantes, ao lado de incentivar a difusão dos EAM. Face ao elevado preço dos EAM nacionais, é importante que as pequenas e médias empresas tenham condições mais favorecidas na compra destes equipamentos.

Por último, é necessário efetuar esforços na de-

finição de normas técnicas na área de automação industrial, indispensável tanto para a automação por integração como para evitar que um usuário fique preso a um determinado fabricante. A melhor solução neste sentido parece ser a padronização da OSI, de sistemas abertos, que viabiliza a integração dos EAM sem mudanças em HRW ou SFW.

CAPÍTULO 4

OS EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA E OS SETORES
USUÁRIOS: A INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL E A
INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

CAPÍTULO 4

OS EQUIPAMENTOS DE AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA E OS SETORES USUÁRIOS: A INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL E A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Na análise efetuada no capítulo precedente, verificou-se que a expansão da difusão dos EAM no Brasil tem se dado com um perfil setorial semelhante ao verificado nos países desenvolvidos.

Dentre os setores usuários mais importantes dos EAM, destacam-se a indústria de bens de capital e a indústria automobilística, compreendendo os gêneros de material de transporte, mecânica, e parcelas de material elétrico e de comunicação. Como observou-se no Capítulo 1, a ênfase deste trabalho centrou-se nos processos manufatureiros mecânicos, o que exclui uma análise dos setores usuários da indústria eletrônica.

Ao longo dos anos 70, o desenvolvimento tecnológico na indústria de bens de capital e na indústria automobilística qualificou estes setores a ofertarem crescentemente bens sofisticados. Para ambos, as exigências de oferta de produtos tecnologicamente mais complexos, tanto para o mercado interno como para exportação, conduziram à necessidade de aprimorar a tecnologia de fabricação.

Este processo deu-se com elevada participação de importações de tecnologia, tanto por meio da presença de subsidiárias estrangeiras, como por contratos de licenciamento de tecnologia. A tecnologia importada compreende principal-

mente o "know-how" de fabricação, que, em alguns casos (principalmente na indústria automobilística) sofre processos adaptativos que permitem à subsidiária ou empresa licenciada adquirir competitividade em relação à matriz em mercados específicos, geralmente em países em desenvolvimento.

O processo adaptativo da tecnologia importada é denominado por Araújo Jr. (vide Introdução) de ramificação da trajetória natural. Neste capítulo, busca-se analisar de que forma a trajetória tecnológica ramificou-se nestes dois setores, com o intuito de avaliar a adequação dos EAM a seus processos produtivos.

Os dois setores tem configurações bastante distintas em termos de propriedade de capital, acesso a mercados externos e natureza do processo produtivo.

A análise feita para a indústria de BK procura em focar primordialmente a produção sob encomenda, que tipicamente envolve processos produtivos não-seriados (ver item 1.2. acima). O segmento de BK seriados tem geralmente processos de produção com base em linhas de montagem, que são contemplados neste capítulo de forma genérica no estudo feito para a indústria automobilística, que responde por parcela significativa da produção de BK seriados (produção de ônibus e caminhões).

No caso do setor de BK, a análise enfatizará a relação projeto/manufatura e a questão da flexibilidade, característica da produção de BK sob encomenda. Quanto à indústria automobilística, a ênfase é colocada nas estratégias de divisão do trabalho entre matriz e subsidiárias, que condicionam a evolução das exportações das montadoras brasileiras.

De início, é feita uma pequena introdução referente à evolução das exportações brasileiras de manufaturados ao longo dos anos 70, seguida da avaliação da potencialidade de difusão dos EAM na indústria de bens de capital e na indústria automobilística.

4.1. Introdução: A Evolução das Exportações Brasileiras de Manufaturados

A partir da segunda metade dos anos 60, a pauta de exportações do Brasil foi gradativamente diversificando-se em direção a uma maior participação de produtos industriais, especialmente de produtos manufaturados.

Como mostra a Tabela XXIV, as exportações de produtos manufaturados crescem acima do ritmo do total das exportações durante o período 1965/80. Já a partir de 1968, as exportações de manufaturados superam as de semi-manufaturados (que têm uma tendência estável em termos de participação relativa), alcançando, em 1980, uma participação próxima a 50%.

Esse movimento também corresponde à maior participação brasileira no comércio internacional. Essa participação evolui de 0,97% em 1965, para 1,08% em 1978, enquanto que a parcela nas exportações mundiais de manufaturados passa de 0,22 para 0,64%, para os mesmos anos (1).

(1) Ver Peñalver, M. et alii - Política Industrial e Exportação de Manufaturados do Brasil - Banco Mundial/FGV - RJ, 1983, p. 18. Os dados excluem a participação das economias de planejamento central e, dentre os produtos manufaturados, alimentos e combustíveis.

O elevado dinamismo das exportações de manufaturados deve ser em primeiro lugar atribuído à constituição, a partir de 1964, de um elenco de incentivos fiscais e creditícios, visando elevar as exportações de produtos industriais, buscando alterar o quadro do início dos anos 60, de estagnação das exportações.

Em 1964, o exportador é isento de uma série de impostos (IPI, IOF, IUCL e IRPJ) e implanta-se efetivamente o regime de "draw-back"; criam-se linhas de financiamento às exportações a juros subsidiados junto à CACEX e BNDE; é criado em 1968 o mecanismo de minidesvalorizações cambiais.

Entre 1969/71 criam-se novos incentivos, com o crédito-prêmio do IPI e, em seguida, do ICM; ampliam-se os recursos creditícios subsidiados e estabelecem-se novas formas de aplicação do "draw-back". Em 1972, três novos tipos de incentivos são criados: o projeto de transplante de indústrias (que na prática só veio beneficiar o projeto Jari); a instituição das "trading companies" brasileiras; e o projeto BEFIEX.

Este último, que adquire um papel de destaque nos anos 70, basicamente buscava condicionar isenções (ou reduções) fiscais na importação de insumos e equipamentos (dispensados do exame de similaridade) ao cumprimento de metas de exportação de longo prazo, que permitissem um superávit comercial para a empresa beneficiada (2).

(2) Este breve histórico dos incentivos à exportação foi feito a partir de Oliveira F^o, G.J. - Comissão para Concessão de Benefícios Fiscais e Programas Especiais de Exportação (BEFIEX) - 1973/81 - Dissertação de Mestrado - DEPE/UNICAMP, Campinas, 1984 - Caps. 1 e 2, obra a ser consultada para uma análise mais detalhada.

Analisando os objetivos da estratégia oficial de incentivos às exportações, Oliveira Filho destaca a busca do padrão de crescimento dos países do leste asiático, onde as exportações cresciam acompanhadas pelo incremento das importações, com forte impacto sobre a renda interna e emprego industrial. Era também decisiva a tentativa de reduzir os déficits comerciais das empresas estatais e privadas e, dentre estas, das empresas estrangeiras. Em 1974, as 115 maiores empresas multinacionais do Brasil apresentavam um déficit comercial de US\$ 2,2 bilhões, representando cerca de 45% do déficit total (3).

A grande expansão das exportações brasileiras de manufaturados não se processou, no entanto, com aumento de coeficientes de importação, que foram inclusive reduzidos com os projetos governamentais na área de insumos básicos e pela internalização da oferta de diversos bens de capital, ao lado da adoção, nos anos 70 e particularmente no início dos anos 80, de controles rígidos nas importações. Por outro lado, não se pode superestimar o papel da política de incentivos às exportações, uma vez que o comércio internacional até 1973 teve seu período mais favorável em termos de taxas de crescimento.

A explicação para o grande crescimento das exportações de manufaturados não pode deixar de levar em conta a elevada participação das empresas transnacionais.

Segundo as informações da Tabela XXV, embora a participação das empresas transnacionais na pauta de exporta-

(3) Idem, p. 16.

ção de manufaturados não apresente tendência à elevação entre os anos considerados, ela cresceu em sete dos 16 setores, permanecendo majoritária em cinco deles, a maioria dos quais apresenta produtos de maior valor agregado e tecnologicamente mais complexos: mecânica, material elétrico, material de transporte, produtos farmacêuticos e borracha.

Segundo Erber et alii, a presença de empresas estrangeiras nas exportações brasileiras em setores onde a competitividade externa não deriva de vantagens comparativas estáticas (custos de insumos/mão-de-obra - caso dos setores tradicionais como alimentos, calçados, madeira, etc.) revelaria basicamente dois tipos de inserção das empresas transnacionais no comércio exterior: em primeiro lugar, o comércio intragrupo de produtos padronizados (bens intermediários e alguns bens de capital, como máquinas para escritório), para os quais a escala de produção (mais do que os custos de mão-de-obra) é decisiva no custo final. Um segundo grupo incluiria principalmente máquinas agrícolas e material de transporte, onde prevalece a divisão de mercados entre as diversas subsidiárias de um mesmo grupo. Ocorrendo no caso de produtos tecnologicamente maduros, este último padrão caracteriza a formação de um "entrepósito tecnológico", "(...) com a capacidade tecnológica das subsidiárias concentrada nas atividades de engenharia de detalhe, fabricação e assistência técnica" (4).

A evolução da pauta de exportações de manufatu-

(4) Erber, F.S. et alii - "Restrições Externas, Tecnologia e Emprego, uma análise do caso brasileiro". Texto para discussão nº 76 - IEI/UFRJ, 1985, p. 47.

rados é apresentada na Tabela XXVI, onde é possível notar a acentuada queda na participação dos produtos de origem agrícola e uma significativa elevação nas parcelas relativas a produtos metálicos e mecânica, e de têxteis, vestuário e produtos de couro. Para esse comportamento, contribuiu decisivamente a forte dinamização das exportações de veículos a motor (US\$ 781 milhões, em 1979, contra US\$ 11 milhões em 1970), calçados (de US\$ 8 milhões, em 1970, para US\$ 367 milhões em 1979) e têxteis (que passam de US\$ 30 milhões para US\$ 555 milhões no mesmo período) (5).

O crescimento das exportações aliou-se, nos anos 70, a um crescimento na parcela dos mercados dos países em desenvolvimento e de economia centralmente planificada, que se constituíram nos mercados principais para as exportações de máquinas e equipamentos, enquanto os países desenvolvidos absorviam a maior parte das vendas externas de bens de consumo (calçados, têxteis).

O aumento progressivo das exportações de produtos manufaturados ao longo dos anos 70 esteve associado a um maior grau de internacionalização da economia brasileira, através de inversões diretas ou de capitais de empréstimo, onde as exportações das subsidiárias estrangeiras continuaram a ter peso elevado, principalmente no segmento de bens mais sofisticados (mecânica, material de transporte, material elétrico).

Não obstante, as empresas nacionais privadas e estatais (muitas dessas sob a forma de "joint-ventures" interna

(5) Peñalver, M. et alii - op. cit., p. 19.

cionais) (6) conseguiram contribuir de forma expressiva em áreas como calçados de couro, bens intermediários e até de produtos sofisticados como no caso da indústria aeronáutica.

Na ausência desse processo, é certo que o país teria sentido de forma mais drástica a perda de relações de troca a partir do choque do petróleo de 1973, quando a aceleração inflacionária, aliada à crise internacional, penalizou sobretudo os países não-exportadores de petróleo com pauta de exportações concentradas em produtos primários. Isto é claramente visível a partir dos dados da Tabela XXVI.

A competitividade externa brasileira adquirida ao longo da última década fundou-se sobre produtos onde prevalecem as vantagens comparativas estáticas dos custos locais de insumos e mão-de-obra e em atividades onde pesam fundamentalmente as economias de escala. No caso destas últimas, como visto, são importantes as estratégias das empresas estrangeiras de comércio intrafirma e regionalização dos mercados.

O processo de reestruturação das economias avançadas, em direção a novas fontes de dinamismo de crescimento industrial, tem implicado, a partir dos anos 70, na difusão de equipamentos de automação industrial. Em particular, os equipamentos de automação da manufatura tendem a exercer forte impacto sobre as fontes de competitividade das exportações brasileiras de manufaturados, à medida que, de um lado, redu-

(6) Para o papel das "joint-ventures" internacionais na exportação de manufaturados, relevante principalmente no caso de bens intermediários, ver Zoninsein, J. - Política Industrial, "Joint-Ventures" e Exportações: A Experiência Brasileira - Texto para Discussão nº 79, IEI-UFRJ, 1985.

zem o peso das vantagens comparativas dos custos de mão-de-obra e, de outro, provocam descontinuidades tecnológicas no sentido de elevação das escalas mínimas necessárias para viabilizar a introdução dos equipamentos de automação.

Ainda, a combinação entre menores custos e maior flexibilidade produtiva destes equipamentos pode vir a implicar em mudanças nos padrões de comércio intragrupo/regionalização dos mercados das empresas transnacionais, afetando negativamente as exportações brasileiras.

4.2. Substituição de Importações e Capacitação Tecnológica na Indústria Brasileira de Bens de Capital

Pretende-se apresentar, neste item, um breve histórico da evolução da indústria de bens de capital no Brasil, buscando mostrar o processo pelo qual este setor diversificou a gama de produtos ofertada, substituindo importações, capacitando-se progressivamente em bens tecnologicamente mais sofisticados.

Os processos produtivos desta indústria qualificam-na como usuária potencial dos EAM, ao mesmo tempo em que a indústria mecânica é a responsável pela oferta destes equipamentos. O advento dos EAM, desta forma, exige desta indústria substituir importações e incorporar estes equipamentos em seus processos produtivos, como forma de manter a competitividade e eficiência do setor.

4.2.1. Crescimento e Diversificação na Indústria de Bens de Capital

Historicamente, o atendimento à demanda de bens de capital no Brasil sempre esteve ligado às importações, em virtude do caráter tardio de nossa industrialização, que se efetua quando o capitalismo monopolista já é dominante em escala mundial (7). A produção interna de bens de capital (BK), até 1955, cresce extensivamente, respondendo aos estímulos gerados pelas indústrias de bens de consumo (não duráveis e duráveis leves).

No período 1956/61, há pela primeira vez no País a implementação de um plano industrial que visasse a implantação de segmentos industriais de tecnologia complexa, envolvendo principalmente o gênero de material de transporte (indústria automobilística, construção naval), mas também mecânica e material elétrico pesado. Nota-se que a produção desses gêneros é quase toda composta de bens de capital, sendo as grandes exceções os automóveis de passeio e eletrodomésticos. Foi maciço, nestes setores, o ingresso de empresas de capital estrangeiro, que contavam com enormes incentivos, entre os quais a possibilidade de "importar" máquinas e equipamentos sem cobertura cambial (Instrução 113 da SUMOC).

Segundo os dados do Censo de 1959, os gêneros mecânica, material elétrico e de comunicações e material de transporte mais do que dobram a sua participação conjunta no

(7) Para o conceito de "industrialização retardatária", ver Cardoso de Mello, J.M. - op. cit.

valor da produção da indústria de transformação, passando de 5,3% (1949) para 13,6% (1959) (8). Do crescimento desses gêneros, estima-se que a produção de bens de capital tenha sido responsável por uma taxa média de crescimento de 22% ao ano, entre 1957 e 1961 (9).

A desaceleração da economia iniciada em 1962 é agudizada pela política de estabilização iniciada a partir do golpe de 1964, com forte impacto sobre a demanda corrente por BK.

A retomada do crescimento econômico só se dá a partir de 1968. As reformas institucionais (bancária, tributária e financeira, entre outras) do período 1964-67, o crescimento das exportações e a liquidez internacional abundante viabilizaram a retomada nos segmentos de construção civil e duráveis de consumo, exercendo um efeito acelerador sobre o investimento nos anos de 1970/71.

O crescimento do setor de bens de capital passa de 13,7% a.a. entre 1967/70 para 37,7% a.a. entre 1971/73 (10). Outra estimativa existente, para o período 1970/74, indicava uma taxa média anual de 34,7% (11). O grande aumento da produção é acompanhada com elasticidade quase unitária pela ele-

(8) Corrêa do Lago, L.A. et alii. - A Indústria Brasileira de Bens de Capital, IBRE/FGV, Estudos Especiais nº 1, RJ, 1979.

(9) Tavares, M.C. - Acumulação de Capital e Industrialização no Brasil. Tese de Livre Docência, FEA/UFRJ, 1975.

(10) Ver Tadini, V. - O Setor de Bens de Capital sob Encomenda: Análise do Desenvolvimento Recente (1974/83). Dissertação de Mestrado, FEA/USP, São Paulo, 1985, p. 7.

(11) Ver Assis, L.E.A. - A Indústria de Bens de Capital no Brasil: Origens, Política Econômica e Desempenho Recente. Dissertação de Mestrado, DEPE/UNICAMP, junho 1985, p. 43.

vação das importações de BK (12).

A grande elevação das importações de BK no período do "milagre econômico" suscitou um intenso debate na literatura de economia industrial da época, julgando-se que grande parte das importações eram substitutivas à produção interna, revelando deficiências da política econômica e problemas estruturais da indústria de BK no Brasil (13).

Reconhecia-se que a defasagem tecnológica da indústria de bens de capital doméstica fosse uma causa importante para explicar o crescimento do setor aliado à elevação das importações. Porém, havia uma forte tendência no sentido de considerar outros fatores para explicar tal comportamen-

(12) Segundo os dados de Tadini, o coeficiente importado da indústria de BK passou de 32,4% (1970) para 28,7% (1973). Nas estimativas de Assis, o coeficiente era de 29,7% em 1970 e de 27,2% em 1974. Ver Tadini, V. op. cit., p. 115 e Assis, L.E.A. - op. cit., p. 48.

(13) O debate foi iniciado a partir de dados do trabalho de Bonelli, R. e Werneck, D.F.F. - "Desempenho Industrial: Auge e Desaceleração nos anos 70", in Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento, monografia, IPEA nº 28, RJ, 1978, p. 177, que subestimavam o crescimento da indústria de BK (18,1% a.a. entre 1968 e 1973) indicando uma elevação no coeficiente importado. A diferença principal entre as estimativas de Bonelli e Werneck e aquelas feitas por Tadini e Assis reside no fato de que estas últimas trabalharam com taxas geométricas de crescimento a partir do valor da produção de BK fornecidas pelo Censo Industrial de 1970 e pela Pesquisa Industrial de 1974, do IBGE. Bonelli e Werneck utilizaram os índices de produção real do IBGE aplicados ao Censo de 1970; como os índices de produto real são feitos com base em uma amostragem fixa de produtos e empresas, subestimam a produção do setor uma vez que novas empresas e novas linhas de BK efetivamente surgiram no período de crescimento acelerado do "milagre econômico" - Ver Assis, L.E.A. - op. cit., pp. 41-43.

to (14) .

Destacava-se em primeiro lugar certas medidas de política econômica que favoreciam as importações de bens de capital, com o intuito de estimular a formação de capital na indústria: isenções tarifárias, isenções fiscais de ICM e IPI na importação de bens de capital (só estendida em 1970 para a produção interna de bens de capital) e falta de crédito de longo prazo para financiar a indústria nacional, o que foi sendo revertido a partir de 1971, quando as condições de crédito da FINAME passaram a ser mais favoráveis, permitindo competir com os financiamentos para importações ("supplier's credit"). Adicionalmente, as modificações introduzidas a partir de 1966 na Lei do Similar distorceram seu papel, uma vez que o principal objetivo da lei passou a ser a concessão de incentivos fiscais para a importação (15) .

A esses fatores se somavam outros de caráter estrutural: a maior propensão a importar das empresas de capital estrangeiro do setor, principalmente com relação a partes

(14) Baseamo-nos em: Bonelli, R. e Façanha, L.O. - A indústria de Bens de Capital no Brasil: Desenvolvimento, Problemas e Perspectivas - in: Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento - monografia IPEA nº 28, RJ, 1978.; Bonelli, R. e Malan, P.S. - Os limites do Possível: notas sobre Balanço de Pagamentos e Indústria nos Anos 70 - Revista Pesquisa e Planejamento Econômico, RJ, nº 6, vol. 2, agosto 1976; Tavares, M. C. - Ciclo e Crise - O Movimento Recente da Industrialização Brasileira - Tese de Professor Titular, FEA-UFRJ, 1978; Mazzucchelli, F. - A Expansão Inconclusa (considerações sobre o Setor de Bens de Capital no Brasil) - Tese de Mestrado, DEPE/IFCH/UNICAMP, 1977; Bonelli, R. e Werneck, D.F.F. - op. cit., Corrêa do Lago, L.A. et alii, op. cit.

(15) Sobre esse ponto, ver Thorstensen, V.H. - O Setor de Bens de Capital, o Estado Produtor e o Estado Planejador: Conflito ou Cooperação? - Tese de Doutorado EAESP-FGV, SP, 1980, pp. 115-118.

e componentes de produção seriada. De fato, entre os anos de 1970 e 1974, o coeficiente importado elevou-se para bens de capital seriados (de 22,8% para 24,8%) caindo no caso de bens de capital sob encomenda (51% para 40,2%) (16). Ao lado das importações de partes e componentes, as empresas estrangeiras também eram as maiores importadoras de equipamentos e máquinas seriadas, por conta de estratégias de padronização de processos intragrupo (17).

No caso do subsetor de BKe, cuja demanda depende fortemente da política de compra das estatais, haveria um viés em favor das importações, em decorrência de dois fatores: a estrutura de financiamento dos grandes projetos governamentais, fortemente dependente do crédito externo, muitas vezes condicionado a importações de máquinas e equipamentos, e os acordos bilaterais de comércio, em especial com os países do leste europeu, que conduziam a importações de bens de capital já produzidos internamente.

Outro fator de caráter estrutural a condicionar a demanda por bens de capital importados era a deficiência da engenharia de projeto nacional; a contratação de firmas estrangeiras de engenharia de projeto induzia a um viés importador, especialmente no caso dos grandes projetos estatais, dependentes de bens de capital sob encomenda. No caso desses bens, detalhes técnicos de importância duvidosa eram suficientes para que se contornasse a Lei do Similar Nacional.

(16) Assis, L.E.A. - op. cit., p. 48.

(17) Erber, F.S. - The Capital Goods Industry and the Dynamics of Economic Development in LCDs - The Case of Brazil. Texto para Discussão nº 48, IEI/UFRJ, 1984, p. 16.

Os fatores arrolados acima refletem, basicamente a situação de dependência tecnológica e precariedade do padrão de financiamento da economia brasileira. A eles soma-se a influência cíclica sobre as importações de BK, ponto enfatizado por Tavares. Segundo a autora, "a elasticidade de demanda de importações de bens de capital é cíclica, sendo sempre superior à unidade no que tange ao produto industrial corrente. Na verdade, ela acompanha de perto o comportamento da 'função de investimento'. Quando este se acelera ou desacelera, as importações de bens de capital e de insumos para a indústria pesada seguem, com elasticidade quase unitária, a taxa de acumulação de capital" (18).

O reconhecimento das limitações estruturais da economia brasileira, entre as quais a indústria de BK, levou à formulação do II PND - Plano Nacional de Desenvolvimento.

A indústria de base constituir-se-ia no pólo dinâmico de acumulação na indústria, dentro de uma estratégia que visava fortalecer o capital privado nacional. Os setores priorizados (bens de capital e eletrônica pesada, insumos básicos e grande mineração) deveriam reduzir importações e elevar suas exportações.

A política de apoio ao setor de bens de capital contemplava apoio creditício e de capitalização (via BNDE) e garantia de demanda pelas empresas estatais. O setor recebeu maior proteção tarifária, além de insensões fiscais nas vendas internas. Buscou-se também apoiar as empresas de engenha-

(18) Tavares, M.C. - "Ciclo e Crise ..." - op. cit., p. 90. Retomaremos esse ponto após a discussão do período recente.

ria nacionais, para reduzir o viés importador nos projetos estatais (19).

Enfrentando problemas internos e externos de financiamento, o II PND tem seu ritmo reduzido após 1976, principalmente na área de insumos básicos.

Na área de bens de capital, há um vigoroso aumento de capacidade, principalmente no caso de bens de capital sob encomenda. Grande parte decorre de investimentos diretos de empresas estrangeiras que ingressam no período.

Apesar da elevada expansão da capacidade produtiva do setor na segunda metade dos anos 70, a demanda corrente por bens de capital ressent-se do adiamento ou abandono de projetos governamentais na área de insumos básicos.

Não obstante, alguns trabalhos recentes mostram que houve um sensível avanço na substituição de importações de BK, expresso no aumento dos índices de nacionalização dos equipamentos e dos projetos de investimento.

Diversas medidas contribuíram para isso. No caso da nacionalização dos equipamentos, foi fundamental a política da FINAME, que exigia que um índice mínimo de nacionalização fosse obtido para que a máquina ou equipamento recebesse crédito de comercialização. O índice mínimo, que era de 65% em 1965, foi evoluindo sucessivamente até ser fixado em 85% em 1978.

O apoio creditício da FINAME também foi fundamen-

(19) Para uma análise da estratégia do II PND, ver: Lessa, C. - A Estratégia de Desenvolvimento 74/76: Sonho e Fracasso. UFRJ - Tese de Titulação, RJ, 1978.

tal para que fosse elevada a participação nacional nos projetos estatais. Para isso, contribuíram decisivamente os Acordos de Participação, pelos quais a empresa responsável pelo projeto negociava com os fornecedores nacionais e estrangeiros, junto com a CACEX, um índice de participação da indústria nacional nos equipamentos, dispensando-se a parte importada do exame de similaridade.

Adicionalmente, as vendas internas de BK passaram a receber tratamento fiscal equiparado às exportações, caso recebessem financiamento interno ou externo. Também foi institucionalizada a associação entre empresas nacionais e estrangeiras por meio de consórcios; o financiamento da FINAME para BK produzidos por consórcios fixava taxas de juros decrescentes com o aumento dos índices de nacionalização, o que induzia a empresa estrangeira a licenciar a tecnologia do equipamento para o parceiro nacional (20).

Ao analisar a evolução da participação da indústria nacional de BK nos programas de investimento das estatais nas áreas de siderurgia, energia elétrica e petróleo, Tadini ressalta que a orientação inicial de esgotar o fornecimento por empresas nacionais, que possibilitou que se dobrasse, em média, a participação de BK produzidos localmente nos projetos, foi parcialmente revertida após 1976 na área de siderurgia e energia elétrica, em função da necessidade de se obter empréstimos externos que traziam importações atadas.

No entanto, os índices de participação da indús-

(20) Ver Thorstensen, V.H. - op. cit., pp. 83, 124, 133, 144-5, 212.

tria nacional nos projetos permaneceu em nível superior ao período pré-74, com forte impacto sobre os fabricantes de equipamentos de siderurgia e energia elétrica. Ainda, o setor de equipamentos petrolíferos não foi afetado, dada a independência da Petrobrás de financiamentos externos, o que possibilitou avanços na nacionalização de equipamentos de prospecção (21).

O avanço nos índices de nacionalização ligou-se a um aumento no recurso ao licenciamento da tecnologia estrangeira, como pode ser visto na Tabela XXVIII.

A Tabela mostra a evolução comparada das importações de tecnologia e de bens de capital, sendo possível detectar três padrões distintos. De 1966 a 1969 as importações de tecnologia e de BK crescem a taxas semelhantes. Entre 1970 e 1975, as importações de bens de capital crescem a um ritmo maior do que o das importações de tecnologia (mesmo com a maior aceleração destas a partir de 1970). Essa situação se reverte a partir de 1976, quando as importações de bens de capital se estabilizam em um novo patamar (com queda para alguns anos), enquanto as importações de tecnologia continuam a crescer, representando quase 20% das importações de bens de capital ao fim do período; este dado sugere a substituição de importações de bens de capital pela produção local com tecnologia licenciada. Nota-se, ainda, que o montante de recursos dispendido passa a ter um impacto não desprezível sobre o balanço de pagamentos do País.

O coeficiente importado de BK declina ao longo do

(21) Ver Tadini, V. - op. cit., pp. 83-102.

II PND, evoluindo de 28,6% em 1974 para 20,8% em 1979 e 22,8% em 1980. Ao longo destes anos, o índice de quantum de importações de BK cai cerca de 40%, ao mesmo tempo em que o índice de preços mais do que dobra. Além de refletir a inflação que se segue ao primeiro choque do petróleo, a elevação dos preços dos BK importados é reflexo do processo substitutivo. Segundo Tadini, o "(...) processo de substituição de importações, (...) ao contrário de possibilitar a autarcia, necessita de importações de bens cada vez mais complexos, que possuem uma relação US\$/tonelada mais elevada" (22).

Ao mesmo tempo observou-se um aumento nas exportações de BK que passam de 5,3% da produção do setor em 1974, para 10,9% em 1982 refletindo a retração do mercado interno. As exportações de BK alcançaram US\$ 2,5 bilhões em 1983, com os BK sob encomenda representando um quarto do total. No caso destes últimos, as exportações concentram-se em equipamentos mais simples, sendo os principais mercados os países em desenvolvimento e os EUA (23).

A crise dos anos 80 atinge profundamente o setor de BK, que passa a enfrentar elevadas taxas de ociosidade. A redução nas encomendas elevou os custos unitários, prejudicando a competitividade externa. Ao mesmo tempo, o setor paralisou investimentos e foi forçado a dispensar grandes contingentes de mão-de-obra qualificada.

Em função do processo de substituição de importações ao longo dos anos 70, o Brasil alcança uma participação

(22) Idem, pp. 110-115.

(23) Idem, pp. 121-122.

da oferta interna no consumo doméstico comparável ao dos países europeus. Segundo dados de Erber, a oferta doméstica de bens de capital no consumo interno evoluiu de 71,5% em 1970 para 68,4% em 1975, elevando-se para 79,9% em 1979. Esse valor seria de 84% para a Alemanha Federal (1979), 77% para a Itália (1978) e de 65% para a Suécia (1978), país que tinha um consumo aparente de magnitude próxima ao do Brasil no mesmo ano (24).

4.2.2. Capacitação Tecnológica da Indústria Brasileira de BK

O rápido processo de crescimento e diversificação da indústria de bens de capital no Brasil, ao longo dos últimos trinta anos, qualificou esta indústria a produzir uma ampla gama de BK outrora importados. No entanto, as deficiências da infra-estrutura de ciência e tecnologia redundaram em um aumento na dependência de tecnologias importadas.

A dependência de tecnologia estrangeira surge a partir do ciclo de crescimento do Plano de Metas quando, de um lado, é internalizada a produção de uma série de bens de capital na área de material de transporte, material elétrico e mecânica e, de outro, aumenta o grau de complexidade tecnológica dos processos produtivos, exigindo máquinas e equipamentos de maior sofisticação.

Segundo Erber (25), a capacitação tecnológica

(24) Erber, F.S. - "The Capital Goods ..." - op. cit., p. 17.

(25) Idem, p.27.

da indústria brasileira de bens de capital tem suas origens na tradição na área de metalurgia, que remonta ao início do século. Com base nessa capacitação, a produção de bens de capital desenvolveu-se a partir da cópia/adaptação de produtos importados até a década dos 50. Uma vez que o processo de substituição de importações envolvia os segmentos de bens de consumo não-duráveis ou duráveis leves, seria viável copiar produtos estrangeiros ("reverse engineering").

A possibilidade de efetuar o "reverse engineering" torna-se dificultada *"quando a brecha entre a experiência prévia da firma e os requerimentos correntes de projeto e manufatura são grandes e o tempo para aprendizado é pequeno"* (26). A partir dos dois ciclos de crescimento do pós-guerra, o deslocamento dos setores dinâmicos em direção a bens de consumo duráveis e bens intermediários teria gerado uma brecha tecnológica para a indústria de bens de capital, induzindo a importações e ao recurso do licenciamento tecnológico.

O recurso ao licenciamento tecnológico por empresas nacionais é mais intenso no segmento de BK sob encomenda, já que no caso dos BK seriados há uma maior presença de subsidiárias estrangeiras, como na produção de veículos comerciais, máquinas agrícolas e rodoviárias.

O uso de licenciamentos, além de indicar um "gap" tecnológico em relação às empresas licenciadoras, constitui-se um elemento central na estratégia de concorrência das em-

(26) Idem, p. 29.

presas. Estudo feito em 1973 por Erber et alii (27) indica va que o recurso ao licenciamento representava uma economia de tempo e custos ante a alternativa de efetuar gastos próprios em P & D, permitindo que as empresas diversificassem suas linhas de produtos, como forma de resposta a uma demanda instável (principalmente no caso do segmento produtor sob encomenda).

O licenciamento muitas vezes era uma exigência dos usuários, notadamente empresas estatais, que destinavam as encomendas preferencialmente às empresas detentoras de acordos de licenciamento. Destacava-se, ainda, que o licenciamento era também uma estratégia de "marketing", possibilitando à empresa licenciada fazer uso da marca da empresa estrangeira.

Em termos de absorção da tecnologia estrangeira, o mesmo estudo indicava que, na grande maioria dos casos, os acordos de licenciamento levavam à maior capacitação com relação ao processo de produção, mas não possibilitavam capacitação quanto ao projeto da máquina ou equipamento ("basic design").

A importação de tecnologia exige o desenvolvimento de uma capacitação local, que é necessária do ponto de vista da empresa que a exporta. Para esta, os rendimentos da licença dependem das vendas da empresa licenciada; e sua reputação pode ser prejudicada no caso de má qualidade do produto licenciado.

(27) Erber, F.S. et alii. Absorção e Criação de Tecnologia na Indústria de Bens de Capital. FINEP - série Pesquisas, nº 2, Rio de Janeiro, 1974.

Assim, todas as partes e componentes do produto licenciado devem ser especificadas em detalhe, possibilitando que o fabricante adapte o projeto às condições locais (processo produtivo, capacitação da mão-de-obra e insumos e componentes utilizados). Desta forma, é do interesse da empresa cedente da tecnologia que a etapa do projeto detalhado ("detailed design") seja empreendida pela empresa licenciada; o projeto detalhado fornece todas as informações necessárias à produção, com cada parte especificada em detalhe, com ênfase em dimensões e tolerâncias (28).

A capacitação em "know-how" de fabricação e no projeto detalhado, no entanto, não garantem a capacidade da empresa em projetar uma nova geração de equipamentos, o que envolveria qualificação para o projeto básico ("basic design"), o qual compreende a concepção, especificação da estrutura, definição de materiais, componentes e partes da máquina a ser construída. É no projeto básico que se definem as características competitivas da máquina em termos de custo e produtividade.

Para a empresa exportadora da tecnologia, transferir conhecimentos quanto ao projeto básico significa capacitar a empresa licenciada a se tornar sua concorrente. No mais, ela não é necessária para o "know-how" de fabricação.

Estudo mais recente feito por Erber (29), posteriormente ao período do II PND, veio confirmar as informações

(28) Erber, F.S. - "The Capital Goods ..." - op. cit., pp. 29-30.

(29) Erber, F.S. - Technology Issues in the Capital Goods Sector: A Case Study of Leading Industrial Machinery Producers in Brazil, UNCTAD, Geneva, 1982.

da pesquisa de 1974. Embora tenha sido observado uma tendência incipiente de desenvolvimento próprio de tecnologia por parte das empresas, em conjunto com universidades e instituições de pesquisa, os mesmos fatores continuavam a induzir as empresas a recorrerem a importações de tecnologia: custo e tempo de desenvolver projetos próprios, pressão dos usuários e necessidade de diversificação.

Observou-se uma tendência à perpetuação da renovação dos contratos de licenciamento, o que em alguns casos constituía-se em uma estratégia para monopolizar a licença, impedindo que empresas concorrentes a ganhassem.

As características estruturais da indústria de BK no Brasil obstaculizam esforços próprios de desenvolvimento tecnológico. De um lado, a instabilidade da demanda faz com que as linhas de produtos ofertadas sejam excessivamente diversificadas; de outro, a falta de fornecedores qualificados leva a índices elevados de verticalização. Desta forma, o grande número de questões tecnológicas e a incerteza a elas associada acaba por induzir ao licenciamento de tecnologia externa.

O licenciamento permite ao fabricante ter uma pauta de produtos rapidamente diversificável. Isto se faz possível na medida em que a capacidade produtiva do segmento de BK sob encomenda é altamente flexível, como destaca Thorsensen: "(...) não se pode falar em economias internas de escala para este tipo de produto, como no caso dos bens seriados e dos insumos básicos (aço, cimento, fundidos, etc). Na verdade, o que caracteriza o setor não é a escala, mas o tamanho de sua planta e a flexibilidade de produção que se ob-

tém com a instalação das máquinas e equipamentos especiais" (30).

O uso de máquinas e equipamentos altamente flexíveis permite ao subsetor de BK sob encomenda diversificar a produção, por vezes adotando, segundo Erber, uma estratégia mista, reservando os esforços próprios de P & D para os equipamentos mais simples, recorrendo ao licenciamento no caso dos mais sofisticados (31).

Como resultado, a indústria brasileira de bens de capital sob encomenda apresenta um número de fabricantes por produto muito acima do existente nos países desenvolvidos, como pode ser visto no Quadro VI.

A produção de partes e componentes do equipamento (dado o alto grau de verticalização das empresas) também passa a ser diversificada. Na fase de detalhamento do projeto, é definido o quanto será empregado de partes e componentes padronizados (32). Se a empresa tem uma linha de produtos diversificada, licenciando tecnologia de origens diversas, será pouco provável que ela consiga obter altos índices de padronização dos componentes fabricados.

Em suma, conclui-se que a evolução da capacitação tecnológica dos fabricantes brasileiros de BK sob encomenda centrou-se na tecnologia de fabricação. Com capacidades de produção altamente flexíveis, as empresas assemelham-se a "oficinas artesanais", aptas a ofertarem produtos diversifi-

(30) Thorstensen, V.H. - op. cit., p. 59.

(31) Citado em Thorstensen, V.H. - op. cit., p. 183.

(32) Idem, pp. 179-180.

cados a partir de projetos licenciados. Tal característica tem levado a que se conclua que o setor não deve ser atingido pelos novos processos de automação flexível, que seriam restritos ao segmento de BK seriados (33).

Embora deva ser levada em conta a extrema variedade dos processos produtivos do setor de BK sob encomenda, a conclusão acima parece refletir mais as características estruturais desta indústria no Brasil do que limitações colocadas no plano tecnológico estrito.

Na análise efetuada nos Capítulos 1 e 2, mostrou-se como a automação flexível exige mudanças profundas no fluxo de materiais e informações intra-firma. Cabe destacar, aqui, a necessidade de padronização dos componentes usinados e o emprego do conceito de modularidade nos produtos finais; isto envolve uma íntima ligação entre as atividades de manufatura e projeto.

Estas exigências são a própria antítese do desenvolvimento tecnológico dos fabricantes nacionais de BK sob encomenda, já que suas atividades limitam-se ao detalhamento de projetos licenciados, não envolvendo a concepção estrutural do equipamento (projeto básico). Desta forma, as empresas têm possibilidades limitadas de padronização de componentes, agravado pela excessiva diversificação da pauta de produtos finais.

A indústria de BK, incluindo o segmento produtor sob encomenda, é usuária expressiva de sistemas de CAD e MFCN (e, em menor escala, de robôs) nos países avançados. Não é

(33) Ver, a respeito, Tadini, V. - op. cit., p. 136.

impossível imaginar que os fabricantes destes países, beneficiados por maiores escalas produtivas e uma produção mais especializada, estejam empreendendo esforços no sentido de padronizar e modularizar suas linhas de produtos, viabilizando a adoção de técnicas de automação flexível. O exemplo da indústria japonesa de MFCN, (ver tópico 2.2.2.2. acima) vai exatamente nesta direção, com a padronização e a modularidade permitindo grandes avanços no uso de EAM (34).

Neste sentido, não é correto afirmar que a automação flexível não atinja o setor de BK sob encomenda. Na verdade, este setor deve passar por modificações na tecnologia de produto e processo gerando um grau de flexibilidade intermediária entre a produção seriada e a produção sob encomenda, procurando "forçar" a venda de equipamentos com um mínimo de padronização.

Ao obstaculizar o emprego dos EAM, a diversifi-

(34) Em seu artigo sobre sistemas de CAD, Kaplinsky cita o caso de uma concorrência internacional na área de BK sob encomenda, para a qual se qualificaram fabricantes de países desenvolvidos e de industrialização recente. A concorrência foi vencida por uma empresa de um país desenvolvido que contava com um sistema de CAD, uma vez que o prazo exíguo impedia que o projeto fosse feito manualmente. Ver Kaplinsky, R. - "Computer Aided Design ..." - op. cit.

cação excessiva do setor de BK sob encomenda tende a comprometer a competitividade externa do setor no Brasil, conquistada para alguns equipamentos ao longo da década passada, em função dos ganhos de produtividade, qualidade e prazos de produção trazidos pelo uso dos EAM.

4.3. Modernização Tecnológica e Competitividade Externa na Indústria Automobilística Brasileira

Busca-se, neste item, caracterizar os pontos distintivos da evolução da indústria automobilística brasileira, especialmente a partir dos anos 70.

Implantada em meados dos anos 50, essa indústria rapidamente substituiu importações e alcança, já a partir dos anos 60, índices elevados de nacionalização.

Com sua estrutura de oferta radicalmente alterada no final da década de 60, essa indústria vai aproveitar a concessão de incentivos governamentais para elevar significativamente suas exportações, ganhando nova inserção no cenário internacional, com alterações em seu padrão de concorrência.

O engajamento em mercados externos gerou estímulos para a incorporação de técnicas produtivas mais avançadas. Como visto no capítulo precedente, a indústria automobilística era a principal usuária de robôs industriais, sendo também usuária de MFCN e sistemas de CAD.

A demanda futura desta indústria por EAM está condicionada à continuidade do crescimento das exportações.

Pretende-se, desta forma, avaliar neste item as perspectivas de evolução das exportações do setor.

Para tanto, é indispensável efetuar uma análise que também leve em conta os condicionantes e estratégias dessa indústria no plano mundial, os quais determinam o comportamento das subsidiárias brasileiras.

A automação dos processos produtivos, ao representar uma descontinuidade tecnológica considerável, vem gerando estímulos para uma estrutura produtiva mais concentrada ao nível internacional; adicionalmente, a maior flexibilidade produtiva trazida por esses equipamentos faz prever uma intensificação do processo competitivo via diferenciação de produto. É necessário, neste contexto, avaliar de que forma as estratégias de descentralização da capacidade produtiva das empresas do setor (que explicam a elevação das exportações brasileiras) podem ser afetadas pela difusão dos novos processos de automação flexível e pelas tendências recentes de reativação dos fluxos de investimento direto no setor, principalmente entre os países avançados.

Este item fará, em primeiro lugar, um breve histórico da implantação da indústria automobilística no Brasil. Faz-se, em seguida uma análise dos dois grandes ciclos (35) por que passou a indústria até os anos 80, com maior ênfase para o segundo ciclo, onde consolida-se a estrutura atual da

(35) A divisão da evolução da indústria automobilística brasileira em dois ciclos (1957-67 e 1968-78) é feita por Guimarães, E.A. - "A Dinâmica de Crescimento da Indústria de Automóveis no Brasil: 1957-78" - Apêndice ao livro Acumulação e Crescimento da Firma - Ed. Zahar. Este estudo integra-se à pesquisa feita por Guimarães, E.A. e Gadelha, M.F. - O Setor Automobilístico no Brasil - FINEP/CEP, Relatório de Pesquisa nº 2, 1980.

indústria, dando-se início às exportações do setor. Por último, proceder-se-á uma descrição sucinta das tendências apontadas, no plano interno e internacional, para a indústria a partir dos anos 80.

4.3.1. Antecedentes da Implantação da Indústria Automobilística no Brasil

A importância dos espaços econômicos externos para a indústria automobilística remonta às primeiras décadas do século. A partir da adoção dos processos produtivos "fordistas", a indústria passa por um intenso processo de concentração, que a leva a buscar novos mercados para a produção, que crescera significativamente (36). Ao final dos anos 20, as exportações de veículos alcançam 13% da produção mundial. As empresas americanas passam a constituir linhas de montagem no exterior para atender às exportações de veículos CKD ("Completely knocked-down" - desmontados), os quais constituíam 70% dos veículos exportados pela GM em 1929 (37).

O grau de concentração da indústria eleva-se após a Segunda Guerra, com eliminação dos fabricantes de pequeno porte. Ao mesmo tempo, a indústria europeia passa a expandir rapidamente sua produção, beneficiando-se das dimensões (e da

(36) Entre 1923 e 1931, o número de produtores americanos cai de 108 para 35; no caso do Reino Unido, passa-se de 88 (1922), para 31 (1929). A parcela dos três maiores fabricantes na produção total alcança 90% (EUA), 75% (Reino Unido) e 68% (França). Ver Guimarães, E.A. - op. cit., p. 133.

(37) Idem, ibidem.

proteção) do mercado europeu em vias de integração.

Buscando participar do grande dinamismo do mercado europeu, as empresas americanas passam a investir maciçamente na Europa. Os produtores europeus, por sua vez, reagem buscando captar parcelas de mercado junto aos países em desenvolvimento, tanto promovendo uma estratégia agressiva de exportações, como pela transnacionalização. Isto implica em estender a competição à escala mundial, ao mesmo tempo em que se promove uma efetiva descentralização produtiva no plano internacional (38).

A implantação de linhas de montagem de veículos importados no Brasil data dos anos 20, quando três empresas americanas implantam unidades produtivas deste tipo. Após a Segunda Guerra Mundial, são estabelecidas mais cinco linhas de montagem, envolvendo duas empresas nacionais, uma americana, e duas alemãs.

4.3.2. O Primeiro Ciclo da Indústria Automobilística Brasileira: 1957-1967

As atividades de manufatura de veículos têm início na segunda metade dos anos 50 e representam o caso mais típico de inserção da indústria brasileira no movimento de

(38) Entre 1955 e 1973, eleva-se de 11 para 18 o número de países capitalistas que produziam integralmente automóveis, bem como eleva-se de 19 para 49 os países com linhas de montagem. Idem, p. 135.

internacionalização do capital.

A maior presença entre as empresas ingressantes era de firmas européias: Volkswagen, Mercedes-Benz (Alemanha), Simca (francesa) e a Scania-Vabis (Suécia). Além disso, duas empresas nacionais passam a produzir veículos sob licenciamento: a Fábrica Nacional de Motores - FNM (estatal), produzia veículos da Alfa-Romeo italiana e a Vemag licenciou automóveis da Auto-Union alemã. A participação das grandes em presas americanas limita-se ao segmento de veículos comerciais (Ford e GM), com uma empresa de menor porte (Willys) produzindo jipes e veículos médios, enquanto a Chrysler tem apenas uma participação minoritária na Simca francesa. Por último, ingressa a Toyota japonesa, também no segmento de veículos comerciais.

Após um período de rápido crescimento na produção (atendendo ao consumo reprimido gerado pelo controle de importações), a indústria vai passar por um período de lento crescimento, em função da retração geral do nível de atividades da economia após 1962, agravado pela inexistência de mecanismos de crédito que ampliassem as faixas de renda dos consumidores de automóveis.

Até 1967, o lento crescimento da indústria foi acompanhado de uma elevação na parcela de mercado da Volkswagen, que alcança 68% em 1967 (e chega ao recorde histórico de 77,5% em 1968). A situação dos outros fabricantes é agravada, gerando as condições para uma mudança profunda na estrutura e padrão de concorrência desta indústria (39).

(39) Este item segue a análise de Guimarães, E.A. - op.cit. pp. 136-142.

4.3.3. O Segundo Ciclo de Crescimento da Indústria Automobilística Brasileira: 1968-1978

4.3.3.1. A Alteração na Estrutura da Indústria e em seu Padrão de Concorrência

O engajamento das empresas americanas em estratégias de diferenciação do produto altera o panorama internacional da indústria automobilística, com reflexos sobre as subsidiárias brasileiras.

A produção diversificada exigia elevados investimentos, em função dos limites da automação eletromecânica. Como visto no Capítulo 1, as linhas de produção com base na linha "transfer" são dedicadas e inflexíveis, acarretando uma relação capital/produto alta no caso de uma produção com modelos diferentes.

A necessidade de efetuar investimentos elevados para implementar novas linhas de produção atingiu os fabricantes brasileiros em uma conjuntura de baixa rentabilidade (exceto no caso da VW), principalmente no caso das duas empresas nacionais e as estrangeiras sem maior inserção internacional, gerando as condições para mudanças na estrutura da indústria.

Entre 1967 e 1969, a estrutura é rapidamente alterada. A Ford adquire o controle da Willys e diversifica sua produção em direção a automóveis; o mesmo se dá no caso da GM. A Chrysler assume o controle da subsidiária da Simca,

enquanto a VW assume o controle da Vemag, desativando a sua produção; e a FNM é assumida pela sua empresa licenciadora (40).

A reestruturação da indústria é coincidente com o início de um período de crescimento acelerado da indústria brasileira, onde o desempenho do segmento de bens de consumo duráveis cresce aceleradamente, com destaque para a produção de autoveículos. Este crescimento está ligado à criação de uma estrutura de crédito ao consumidor, no bojo das reformas institucionais implementadas no pós-64.

O crescimento da demanda de veículos, a existência de incentivos fiscais para a exportação (ponto a ser analisado abaixo em mais detalhe) e a necessidade de lançamento de novos modelos, estimulam os planos de investimento do setor, principalmente a partir de 1972.

O padrão de concorrência da indústria nos anos 70 vai apoiar-se num esforço por parte de cada montadora no sentido de oferecer "linhas" completas de veículos, compreendendo carros de porte variados. Se antes de 1967 o número máximo de modelos produzidos pela indústria foi de 25, este número evoluiu para 57 em 1974, alcançando 70 em 1978 (41).

A estrutura da indústria adquire sua configuração atual com o ingresso da Fiat (aprovado em 1973) que passa a produzir automóveis, e que posteriormente adquire a FNM, ingressando na produção de caminhões; a Volvo sueca ingressa na produção de ônibus e caminhões; e a Chrysler, enfrentando

(40) Idem, pp. 144-145.

(41) Idem, p. 147.

dificuldades na matriz americana, vende sua subsidiária americana para a VW, que desativa a produção de veículos, mantendo apenas a divisão de caminhões (a VW-Caminhões). A partir de 1974, eliminam-se os incentivos concedidos pelo Conselho de Desenvolvimento Industrial - CDI - para projetos na indústria automobilística; a partir de então, os incentivos concentram-se no programa BEFIEX, desestimulando a entrada de novas empresas (42).

4.3.3.2. O Crescimento das Exportações da Indústria Automobilística Brasileira

O aumento das exportações de veículos comerciais e de passeio é um dos traços marcantes da evolução da indústria automobilística nos anos 70. Conforme pode ser visto na Tabela XXIX a seguir, as exportações de veículos passam a ter um peso relevante na demanda corrente da indústria, sendo ainda responsáveis por grande parte do acréscimo de produção no período 1974-80, notadamente no caso de automóveis de passeio. A participação das exportações nas vendas varia bastante nas empresas do setor; em 1980, a Chrysler exportava 33,9% dos veículos vendidos, participação que alcançava 35,3% para a Fiat-Diesel, 27,0% para a Saab-Scania, 25% para a Fiat-Automóveis, 19,7% para a Mercedes-Benz, 14,8% no caso da VW, 13,8% para a Volvo, sendo as menores participações da GM (8,1%), Toyota (5,9%) e Ford (3,4%).

(42) Idem, ibidem.

Ao mesmo tempo, as exportações da indústria automobilística passam a representar uma parcela significativa na pauta de exportações, somando, em 1979, US\$ 936,4 milhões (incluindo motores) (43). Ao longo dos anos 80, as exportações passam a se situar em torno de US\$ 1,5 bilhões.

A elevação do coeficiente exportado da indústria deve ser explicada por duas ordens de fatores: em primeiro lugar, pelas alterações sofridas pela indústria em função do acirramento da concorrência ao nível internacional, que acarretam, para as empresas americanas e européias, mudanças na divisão do trabalho entre matrizes e subsidiárias. Por outro lado, a indústria é beneficiada pelos incentivos do programa BEFIEX, a partir de 1972.

O acirramento da concorrência internacional na indústria automobilística se dá com a crescente competitividade da indústria japonesa, principalmente no segmento de carros pequenos, tendência que é acentuada após a elevação dos preços do petróleo em 1973. A partir deste ano, a indústria automobilística japonesa passa a ser a maior exportadora mundial (44), gerando inclusive, nos anos subseqüentes, a imposição de medidas protecionistas por parte dos EUA e países europeus.

As empresas mais afetadas são as americanas, que

(43) Os dados são da CACEX, citados em Peñalver, M. et alii op. cit., p. 162. Para 1987, as previsões dos fabricantes são de um volume de exportações de cerca de US\$ 2,5 bilhões.

(44) Este resultado é condicionado, no entanto, pela não internacionalização das empresas japonesas até o início dos anos 80 ao contrário das indústrias americanas e européias. Atesta, porém, a maior competitividade dos fabricantes japoneses, cujas exportações concentram-se nos países avançados.

não tinham tradição no segmento de veículos pequenos, e, em menor escala, as empresas européias. A resposta das empresas americanas e de algumas européias é de ampliar a rede internacional e reorganizar espacialmente as várias fases do processo produtivo, visando auferir reduções de custo de mão-de-obra e de matérias-primas e o benefício de incentivos fiscais de subsidiárias localizadas em países em desenvolvimento (45).

Uma segunda ordem de fatores a condicionar o redesenho da estrutura produtiva da indústria foi o maior dinamismo dos mercados fora dos países avançados. Um estudo da OECD feito em 1978 (46) indicava que o consumo de veículos por habitante tenderia a manter-se constante nos EUA, crescer moderadamente na Europa e duplicar no Japão; mas os maiores incrementos ocorreriam nos países socialistas e na América Latina. Como resultado, a proporção do estoque mundial de veículos dos países da OECD reduzir-se-ia de 88,5% em 1976 para 64% no ano 2.000, enquanto as parcelas da América Latina e dos países socialistas se elevariam de 4 para 10,3% e de 4 para 14,6%, respectivamente, no mesmo período.

A necessidade de participar dos mercados mais dinâmicos conduziu empresas européias e americanas a regionalizarem as exportações em suas subsidiárias, em virtude da maior adequação dos veículos produzidos por estas às necessidades dos mercados de países subdesenvolvidos. No caso dos veículos brasileiros, a baixa octanagem do combustível uti-

(45) Ver, a respeito, Oliveira Fº, G.J. - op. cit., p. 183.

(46) OECD - Long Term Perspectives of the World Car Industries - Inter-futures - Fevereiro 1978, citado em Fajnzylber, F. - op. cit., p. 276.

lizado e a capacidade de adaptação a condições árduas das estradas, somadas à maior simplicidade do produto (em termos de menores exigências de dispositivos anti-poluentes e de segurança) parecem ter sido fatores fundamentais para explicar a adequação do veículo brasileiro em países em desenvolvimento (47).

Este padrão de internacionalização é denominado, por Erber et alii de "entrepoto tecnológico", indicando uma maior capacitação da subsidiária estrangeira (ou de uma empresa nacional que licencia tecnologia) em relação à matriz para competir em mercados de países em desenvolvimento (48). A exemplo do Brasil, outros países também são engajados neste novo padrão, como o México, Coréia do Sul, Espanha (que exporta principalmente para os países do sul da Europa) e mesmo países socialistas como a Romênia, exportando um modelo licenciado pela Renault francesa (49).

Complementarmente, as subsidiárias brasileiras foram beneficiadas pelos incentivos extremamente vantajosos do programa BEFIEX, que como visto, condiciona a concessão de reduções fiscais nas importações ao cumprimento de metas de exportação de longo prazo.

A própria implantação do programa BEFIEX foi feita para atender primordialmente a indústria automobilística. Apesar do ingresso de empresas de outros setores ser crescente ao longo dos anos 70, a indústria automobilística respondia, em 1981, por 70% das exportações do programa e por um

(47) Ver, a esse respeito, Penãlver, M. et alii, op. cit., p. 72.

(48) Erber, F.S. et alii - "Restrições Externas ...", op. cit., p. 46.

(49) Ver, a esse respeito, Fajnzylber, F. - op. cit., pp. 284-285.

terço das importações (50). Estima-se que, em 1980, o montante de incentivos auferidos pela indústria automobilística implicava num diferencial de preços da ordem de 40% a favor do produto exportado em relação aos preços dos veículos colocados no mercado interno, gerando um maior estímulo à produção para mercados externos (51).

Segundo Guimarães, a adesão ao programa BEFIEX passa a ser decisiva para a competitividade da indústria, mesmo no mercado interno, uma vez que "(...) o não comprometimento com atividades de exportação colocava o produtor em posição desfavorável na indústria, já que implicava custos mais elevados de produção e de expansão da sua capacidade produtiva" (52). Apenas a Puma e a Toyota não aderem ao programa BEFIEX; os projetos beneficiados entre 1973 e 1977 previam inversões da ordem de US\$ 3.150 milhões, superior ao montante investido entre 1966 e 1975 em projetos sem compromisso de exportação (cerca de US\$ 1.700 milhões) (53).

Os dados da Tabela XXX, permitem identificar a composição e o destino das exportações das montadoras brasileiras. A leitura da última coluna mostra que a maior parte das exportações é composta de bens finais (62%), envolvendo caminhões e ônibus (BK seriados) e automóveis (duráveis). Os bens finais destinam-se principalmente a países não industrializados (especialmente no caso dos duráveis) que respondem pe

(50) Ver Oliveira F^o, G.J. - op. cit., p. 181, trabalho que analisa exaustivamente o programa BEFIEX entre 1972 e 1981.

(51) Ou um "viés antiexportação negativo", na terminologia dos autores. Ver Peñalver, M. et alii - op. cit., pp. 49-50.

(52) Guimarães, E.A. - op. cit., p. 152.

(53) Idem, ibidem.

la parcela majoritária (52,3%) das exportações totais do setor.

Os países industrializados são o destino da maior parcela das exportações de partes, especialmente no caso de partes para capital, indicando uma inserção na estratégia de veículos mundiais, montados nas matrizes.

As informações acima mostram que existem dois padrões básicos de inserção da indústria automobilística brasileira nos mercados externos. A primeira refere-se a exportação de bens finais, concentrada em países em desenvolvimento, que foi acima denominada de "entreposto tecnológico". A segunda envolve a exportação de partes (principalmente motores), concentrada nos países desenvolvidos, indicando uma divisão de trabalho matriz/subsidiária conhecidas como "carro mundial".

4.3.4. Tendências Recentes da Indústria Automobilística no Plano Mundial e no Brasil

4.3.4.1. O Cenário Internacional

Em 1983, um estudo do Centro de Corporações Internacionais da ONU (54) apontava tendências à redução na

(54) UNCTC - Transnational Corporations in the International Auto Industry - United Nations Centre of Transnational Corporations, New York, 1983, citado por Oliveira F^o, G.J. - op. cit., pp. 182-183.

descentralização da produção mundial da indústria automobilística, por quatro fatores: aumento do grau de inovação tecnológica, exigindo maior proximidade da produção junto aos centros de desenvolvimento tecnológico; necessidade de infraestrutura de apoio (principalmente da indústria de autopeças) mais complexa; redução das vantagens competitivas de mão-de-obra em função da crescente automação dos processos produtivos; pressões sindicais e incentivos fiscais desestimulando a transferência de plantas para outros países.

Estas novas tendências afetariam o padrão de internacionalização das empresas européias e principalmente das americanas, engajadas em estratégias do tipo "carro mundial", uma vez que o mesmo relatório destacava que as empresas japonesas continuavam concentrando esforços na produção e exportação a partir das matrizes no Japão.

Colocadas no plano estrutural, estas tendências vão de encontro às modificações trazidas pela automação flexível. Conforme a análise feita no Capítulo 1, a automação flexível, a despeito de permitir uma menor relação capital/produto, eleva as escalas de investimento, dados os gastos elevados em P & D, somado aos altos custos dos novos equipamentos e da infra-estrutura de apoio; desta forma, a automação microeletrônica induz uma estrutura produtiva mais concentrada no plano mundial.

Adicionalmente, a adoção de esquemas de "estoque zero" e a necessidade de maior controle tecnológico sugerem que os fornecedores de partes e componentes devem situar-se mais proximamente às empresas montadoras. O emprego da automação flexível, como visto, permite que as montadoras

descentralizem a produção ao mesmo tempo em que centralizam o fluxo de informações, constituindo redes de informação, ligadas aos fornecedores, tal como verificado no caso da Itália e, principalmente, no Japão (55).

Este quadro tem sido influenciado, no entanto, pela instabilidade da conjuntura mundial na década de 80, principalmente no que se refere ao recrudescimento do protecionismo e às oscilações cambiais.

A partir de 1982, a indústria automobilística mundial passa a assistir a inédita transnacionalização da indústria japonesa, principalmente em direção aos EUA, envolvendo, em alguns casos, associações com empresas americanas. Por outro lado, o acirramento da concorrência no mercado interno americano, em função da grande penetração de importações e do início de produção das subsidiárias japonesas, levou a um novo impulso da estratégia de importações de partes e componentes por parte das empresas americanas. Por último, empresas americanas, japonesas e européias vêm procurando intensificar as exportações para os EUA a partir de subsidiárias localizadas em países de moedas atreladas ao dólar (face à desvalorização do dólar sofrida frente às moedas européia e japonesa a partir do final de 1985) envolvendo principalmente Coreia do Sul e Formosa, mas também o Brasil e México.

Como já mencionado, a grande ascensão da indústria automobilística japonesa nos mercados mundiais deu-se a partir do primeiro choque do petróleo, em 1973, dada a grande vantagem competitiva desta indústria em veículos de pequeno

(55) Ver, a respeito, o artigo de Murray, F. - op. cit.

porte, extremamente econômicos. Com processos produtivos crescentemente automatizados, ao lado do emprego de princípios organizacionais de "estoque zero", a indústria japonesa passa a obter um custo de seus veículos inferior em US\$ 1 a 1,5 mil em relação ao produto americano (56).

A partir de 1976, os japoneses passam a exportar cerca de dois milhões de veículos anuais para os EUA. No ano fiscal de 1984/85, o Japão produziu 11,56 milhões de carros, exportando 6,13 milhões, dos quais 1,85 milhão destinou-se para os EUA (18% do consumo interno) (57). A penetração no mercado europeu também passa a ser expressiva, atingindo 11,8% do consumo interno no primeiro semestre de 1986 (58).

A expressiva penetração nos mercados europeus e americano suscitou crescentes medidas protecionistas, principalmente por parte dos EUA. Como consequência, as empresas japonesas passam a efetuar "take-overs" ou implantar subsidiárias no mercado americano.

A primeira iniciativa ocorre em 1982, quando a Toyota assume o controle de uma planta deficitária da GM, que produzia carros pequenos (59). Em 1983, a Honda inicia a produção de veículos nos EUA, devendo alcançar, em 1986, uma produção estimada de 220 mil veículos. Em 1985, a Nissan inicia sua produção enquanto a Toyota inaugurou, em maio de 1986, a sua segunda unidade produtiva nos EUA, com produção prevista de 200 mil unidades/ano. Estima-se que, em 1990,

(56) Ver Folha de S. Paulo, 19/07/86, p. 28.

(57) Idem, ibidem.

(58) Ver Gazeta Mercantil, 23/07/86.

(59) A "joint-venture" entre GM e Toyota foi denominada Num mi e produz atualmente 240 mil unidades/ano. Ver Business Week, 14/07/86, p. 44.

as fábricas japonesas estarão produzindo 1,8 milhão de carros nos EUA (60).

Pressionadas pela desvantagem competitiva frente aos produtores japoneses, as empresas americanas vêm procurando reduzir seus custos de produção, o que tem implicado, no curto prazo, em uma intensificação da importação de partes e componentes. Um estudo feito por uma empresa de consultoria americana indicou uma tendência à elevação persistente da parcela importada das compras de componentes por parte da Ford, GM e Chrysler, que passaria de 18% (1985) para 23% (1990), alcançando 29% em 1995, o que levaria a uma redução de 20%, entre 1985 e 1995, no número de empresas americanas de autopeças, que cairia de 2.500 para 2.000 (61).

Não é tão claro, no entanto, que esse padrão venha a representar uma firme retomada do "carro mundial", uma vez que, a exemplo das empresas montadoras, empresas estrangeiras do setor de autopeças também têm iniciado planos de investimento nos EUA. A Honda anunciou que investirá US\$ 400 milhões em uma fábrica de autopeças nos EUA. Ao mesmo tempo, duas empresas sul-coreanas formaram uma "joint-venture" para produzir porcas e parafusos para o projeto Saturno da GM (62).

O projeto Saturno, da GM, é um exemplo exatamente oposto ao padrão de carro mundial. Prevê investimentos de US\$ 3,5 bilhões, com o intuito de produzir, em 1990, 500 mil automóveis de pequeno porte. O projeto envolve a construção de

(60) Ver Folha de S. Paulo, 15/06/86, p. 45 e 19/07/86, p. 28.

(61) Ver Business Week, 14/10/85, pp. 88-90.

(62) Ver Gazeta Mercantil, 25/07/86 e Folha de S. Paulo, 10/01/87, p. A-18.

um complexo de alta tecnologia, com a unidade de montagem e fábricas de componentes (63). Apesar da falta de informações, supõe-se que este projeto contará com um grau avançado de automação por integração, beneficiando-se da conclusão do projeto MAP (ver tópico 1.4.1.4. acima), permitindo interligar a unidade de montagem com as fábricas de componentes.

As montadoras e empresas de autopeças vêm procurando recuperar o atraso competitivo em relação às empresas japonesas por meio do emprego crescente de linhas de produção automatizadas. Porém, em função do custo elevado desses investimentos e da necessidade de escalas mínimas de produção mais elevadas, muitas empresas vêm realizando associações e "joint-ventures" para viabilizar tais empreendimentos.

Os exemplos de tais associações vêm se multiplicando: a GM e a Suzuki japonesa planejam fabricar 200 mil carros econômicos/ano, a partir de 1989, no Canadá; a GM e a Volvo planejam fundir, por meio de uma "joint-venture" suas divisões de caminhões pesados nos EUA. No caso da Europa, a Fiat e a Matra fundiram suas unidades fabricantes de autopeças; a Honda japonesa associou-se com o grupo estatal Rover, na Inglaterra, para produzir carros e exportá-los para os países do Mercado Comum Europeu. Estes veículos não entrarão nas cotas de importação por contarem com índices de nacionalização de 80% (64).

No entanto, os planos de investimento das empre-

(63) Ver Gazeta Mercantil, 10/07/86, p. 15.

(64) Ver Gazeta Mercantil, 16-18/08/86; 26/06/86; 15/08/86 e Revista Time, 08/09/86, p. 35.

sas americanas vêm sendo prejudicados pela elevação da capacidade ociosa resultante da implantação das empresas japonesas e das importações elevadas. A GM, empresa que tem os planos mais ambiciosos na área de automação, decidiu fechar três (número que pode chegar a seis, segundo analistas) de suas 26 unidades produtivas nos EUA e Canadá, nos próximos quatro anos. Ao mesmo tempo, a empresa decidiu reduzir entre US\$ 4 a 6 bilhões de seus investimentos previstos até 1989, buscando melhorar seu desempenho financeiro de curto prazo (65).

Uma terceira estratégia, mais recente, tem sido a intensificação das exportações para o mercado americano a partir de subsidiárias localizadas em países com moedas atreladas ao dólar, face à depreciação da moeda americana frente às moedas européias e ao iene (66).

Tanto a Nissan como a Toyota pretendem acelerar as exportações a partir de duas empresas localizadas em Formosa, nas quais os dois fabricantes japoneses têm participação acionária minoritária (Yue Loong, no caso da Nissan, e Juo Zui, no caso da Toyota). A Mitsubishi detém 15% do capital da Hyundai sul-coreana, a qual pretende exportar 100 mil unidades de seu modelo Pony, de tecnologia própria, para os EUA. Outra empresa da Coreia do Sul, a Kia, pretende exportar cerca de 85 mil unidades para os EUA. A Mazda japonesa controla 8% do capital da Kia, enquanto a Ford possui 24% do ca-

(65) Ver Gazeta Mercantil, 15/07/86.

(66) A desvalorização do dólar também tem reforçado o fluxo de investimento direto para os EUA, como no caso da Fuji Heavy Industries Ltd., Isuzu Motors Ltd. e Suzuki Motor Co., que decidiram produzir conjuntamente automóveis e utilitários nos EUA a partir de 1989. Ver Folha de S. Paulo, 20/05/86, p. 10.

pital da Mazda; recentemente, a Ford adquiriu 10% das ações da Kia. O carro a ser exportado caracteriza um empreendimento multinacional: foi projetado pela Mazda (que fabrica o motor) será montado pela Kia e comercializado pelos revendedores da Ford nos EUA como o "Ford Festiva" (67).

A crescente competição nos mercados europeus e americano tem criado um quadro de excesso de capacidade na indústria automobilística mundial, que tende a gerar guerras de preços, propiciando condições para uma estrutura mais concentrada. Na opinião de um dirigente da Fiat italiana, "(...) no plano mundial, há empresas demais atrás de fatias do mercado. Os peixões engolirão os peixinhos" (68).

4.3.4.2. O Caso Brasileiro

A maior integração da indústria automobilística brasileira no cenário internacional, por meio do lançamento de modelos similares e pela adoção de técnicas de organização e equipamentos semelhantes aos das matrizes, caracterizaria uma "terceira fase" (69) desta indústria, marcada principalmente pela introdução de equipamentos de automação microeletrônica (incluindo robôs de solda, MFCN, linhas "transfer"

(67) Ver Gazeta Mercantil, 14/07/86 e Folha de S. Paulo , 19/07/86, p. 28.

(68) Time, 08/09/86, p. 32.

(69) Ver Tauile, J.R. - Microeletrônica e Automação: A Nova Fase da Indústria Automobilística Brasileira - texto para Discussão nº 55 - IEI/UFRJ - Agosto de 1984. As duas fases anteriores coincidem com a definição de Guimarães, E.A., op. cit.

flexíveis, sistemas de solda múltipla, transporte em "trolleys" magnéticos, sistemas de controle de processo e de estoques intermediários em tempo real) e por uma maior agressividade em direção aos mercados externos.

A sofisticação dos processos produtivos desta indústria está ligada a uma tendência recente: a exportação de veículos completos para mercados desenvolvidos, principalmente no caso de automóveis.

A Volkswagen, por meio do "Projeto EUA", pretende exportar 100 mil unidades/ano (no valor de US\$ 550 milhões) do Voyage e Parati para os EUA, a partir de 1987. Estes carros terão preços na faixa de US\$ 5 mil, competindo no segmento de veículos mais baratos, como os compactos japoneses, e com o Excel (produzindo pela Hyundai sul-coreana) e o Yugo (iugoslavo) comercializados nos EUA por US\$ 5 mil e US\$ 4 mil, respectivamente. A Ford planejava exportar, já em 1986, 3,4 mil unidades de seu novo caminhão pesado para os EUA, o qual somente será lançado no mercado interno em 1988. Já a Fiat pretende exportar, a partir de 1987, 60 a 80 mil unidades do modelo Prêmio para a Europa (70).

A adoção de processos produtivos automatizados pela microeletrônica, no caso das montadoras brasileiras tem sido lenta e gradual, em função das dificuldades técnicas e do alto custo dos equipamentos, principalmente se fornecidos pela indústria nacional.

Segundo um estudo efetuado junto a uma montadora

(70) Ver: Gazeta Mercantil, 02-04/08/86, 19/08/86 e 11/11/86; Folha de S. Paulo, 21/09/86, p. 79 e 10/01/87, p. A-18.

brasileira, os investimentos em automação têm sido feitos em áreas selecionadas das empresas, de modo a combinar a maior qualidade e controle tecnológico sobre o processo competitivo com as vantagens competitivas dos baixos custos de mão-de-obra. Esta empresa, ao contrário de sua matriz, não busca alcançar o uso de sistemas manufatureiros flexíveis, devendo trabalhar com "ilhas de automação" (71).

Conquanto lenta, a introdução de equipamentos de automação de base microeletrônica vem exigindo a padronização de itens, procurando constituir "famílias" de veículos com a mesma concepção básica, a serem fabricados na mesma linha de produção. Como ressalta Peliano, "(...) as justificativas econômicas para os investimentos na nova tecnologia devem ser procuradas muito mais nas economias de capital que de trabalho" (72). A necessidade de maior modularidade dos veículos produzidos explica a interrupção da produção do "Fusca" e do Alfa Romeo 2.300, em 1986, por serem modelos que enfrentavam queda nas vendas e que não se adaptavam à linha básica dos novos produtos da VW e da Fiat (73).

A associação entre a Ford e a Volkswagen, criando a Auto Latina, bem como a possibilidade de uma maior integração entre as subsidiárias brasileiras e argentinas da Fiat e Scania também caminham no sentido de elevar escalas produtivas, compartilhando-se os grandes investimentos em P & D e em

(71) Ver Peliano, J.C.P. - Motivos e Obstáculos à Automação Microeletrônica na Produção de Automóveis: Na Montadora "B" - CNRH/IPEA, Brasília - Janeiro de 1986, p. 4.

(72) Ver Peliano, J.C.P. - Motivos e Obstáculos à Automação Microeletrônica na Produção de Automóveis: Na Montadora "A" - CNRH/IPEA, Brasília - Julho de 1985, p. 67.

(73) Ver: Folha de S. Paulo, 13/07/86, p. 37 e Gazeta Mercantil, 15/08/86.

equipamentos de automação. Como visto no tópico precedente, estes exemplos seguem a tendência internacional na indústria.

Ao lado da indústria automobilística, a indústria de autopeças também tem crescentemente empregado EAM (especialmente MFCN e sistemas de CAD) em função de programas de exportação, principalmente para os EUA.

A Chrysler americana abriu, em 1986, um escritório no Brasil para centralizar a compra de autopeças brasileiras, prevendo compras de US\$ 30 milhões já em 1986; há perspectivas de que o Brasil possa tornar-se o principal fornecedor de autopeças da Chrysler, a menos verticalizada das empresas americanas. A GM, desde 1983, dobrou a compra de motores e transmissões de suas subsidiárias brasileira e mexicana; em 1985, a GM do Brasil forneceu 242 mil dos 987 mil motores adquiridos pela empresa. A Fiat vêm exportando uma média anual de 140 mil motores diesel para a sua matriz (74).

Deve-se ressaltar, no entanto, que o emprego dos EAM tende a se concentrar, no setor de autopeças, nas subsidiárias estrangeiras e nas empresas nacionais de grande porte, acentuando a heterogeneidade tecnológica do setor, sinalizando no sentido de uma estrutura de mercado mais concentrada.

(74) Ver: Folha de S. Paulo, 23/05/86 e 17/07/86; Estado de São Paulo, 16/10/86; e Gazeta Mercantil, 11/11/86.

4.4. Conclusões

No capítulo anterior, mostrou-se que os segmentos usuá-rios potenciais dos EAM no Brasil estão concentrados nos setores finais do complexo metal-mecânico, notadamente a indústria de bens de capital e a indústria automobilística.

No entanto, a mera presença destes setores na estrutura industrial brasileira não garante que efetivamente se tornem grandes usuá-rios destes equipamentos. Foram ressaltados no capítulo anterior, os obstáculos decorrentes do custo elevado dos equipamentos e as deficiências da estrutura de ciência e tecnologia no país.

Neste capítulo, a ênfase foi dada à evolução do desempenho dos dois setores selecionados, com destaque para a capacitação tecnológica, origem da tecnologia e estratégias de internacionalização, no caso das subsidiárias estrangeiras.

Ao longo dos últimos trinta anos, a indústria brasileira de BK passou por um intenso processo de crescimento e diversificação, substituindo importações de máquinas e equipamentos de complexidade crescente. Observou-se, contudo, que este setor enfrentou diversas fases de desaceleração cíclica, com queda da rentabilidade e paralisação de investimentos, instabilizando o seu crescimento.

Sendo forçada a substituir importações de bens complexos dentro de prazos exíguos, a indústria de BK passou a recorrer maciçamente ao licenciamento tecnológico, especialmente a partir dos anos 70.

A instabilidade da demanda corrente levou as empresas do setor a ofertarem uma pauta de produtos excessivamente diversificada para os padrões internacionais. Ao mesmo tempo, esta indústria apresentou um grau elevado de verticalização, em função da falta de fornecedores qualificados. Desta forma, os fabricantes de BK no Brasil defrontam-se com um número elevado de questões tecnológicas, reforçando a opção ao licenciamento externo.

Conquanto o setor tenha adquirido, no segmento produtor sob encomenda, capacitação na tecnologia de fabricação, o mesmo não se deu no caso da tecnologia de projeto básico.

Neste sentido, a evolução da capacitação tecnológica da indústria de BK caminhou em sentido inverso às exigências trazidas pela automação flexível, onde se faz fundamental a integração entre as atividades de projeto e manufatura, buscando uma pauta de produtos assemelhados, com base na adoção dos princípios de padronização de partes e componentes e de modularidade dos bens finais.

A possibilidade de que os fabricantes de BK nos países avançados adotem processos produtivos automatizados (especialmente com sistemas de CAD e MFCN) ameaça seriamente a competitividade externa desta indústria no Brasil, durante conquistada ao longo dos anos 70.

Cabe lembrar, por último, que as exportações de BK sob encomenda são concentradas em alguns segmentos de tecnologia menos sofisticada, o que reduz a indução ao emprego de EAM. Ainda, é fator conhecido que os acordos de licenciamento muitas vezes acarretam restrições a exportações, por

parte dos detentores da tecnologia.

No caso da indústria automobilística, o notável crescimento das exportações das montadoras brasileiras levou ao emprego de técnicas produtivas mais sofisticadas, incluindo robôs de solda a ponto, sistemas de CAD e MFCN.

O crescimento das exportações desta indústria refletiu estratégias de descentralização produtiva ao nível mundial, criando uma nova divisão do trabalho entre matrizes e subsidiárias. De um lado, as montadoras (e fabricantes de autopeças) passaram a exportar partes e componentes (principalmente motores) dentro da estratégia conhecida como "carro mundial"; de outro, cresceram as exportações de veículos completos, principalmente para países em desenvolvimento, dada a menor sofisticação de seus mercados.

A instabilidade da conjuntura econômica mundial nos anos 80, aliada à crescente concorrência no mercado interno americano, tem reforçado as duas estratégias acima mencionadas. De um lado, intensificaram-se as exportações de partes e componentes para os EUA, dada a necessidade das montadoras americanas em reduzirem custos; de outro, abriu-se a perspectiva de exportações de veículos completos para o mercado americano (caso da VW) em função da desvalorização do dólar frente às moedas européia e japonesa.

No entanto, as tendências ao nível estrutural, trazidas pela automação flexível, sinalizam em direções que podem alterar significativamente o padrão de internacionalização da indústria automobilística no plano mundial.

Em primeiro lugar, a estrutura da indústria tende a se concentrar em função dos altos investimentos e gastos em

P & D trazidos pela automação flexível. Como visto, a indústria automobilística sempre apresentou tendências à concentração em momentos de elevação das escalas de investimento, como no caso da constituição de linhas de montagem "fordistas". A maior concentração desta indústria já é uma tendência real, expressa nas diversas associações internacionais de empresas do setor.

Adicionalmente, o avanço na automação por integração aponta no sentido da constituição de "complexos" produtivos, buscando otimizar os fluxos de informações e eliminar estoques, com empresa montadora e seus fornecedores interligados em redes locais, tal como no projeto MAP da GM.

Sob a ótica da evolução da trajetória tecnológica da automação flexível, a configuração da indústria automobilística envolveria grandes "complexos" produtivos localizados dentro dos principais mercados - EUA, Japão e o Mercado Comum Europeu - com capacidade de produção flexível e integrados aos fornecedores locais. Este é o exemplo do projeto Saturno da GM e a configuração adotada pelos fabricantes japoneses.

Ao se concretizar esta tendência, tanto a estratégia de "carro mundial" como a de "entrepósito tecnológico" seriam ameaçadas. Os fluxos de comércio de partes e componentes seriam reduzidos; e, dotadas de processos produtivos flexíveis e reprogramáveis, as próprias matrizes teriam condições técnicas de produzirem modelos menos sofisticados, atendendo aos mercados dos países em desenvolvimento.

A demanda por EAM por parte da indústria automobilística brasileira está condicionada aos projetos de expor-

tação. Conquanto a conjuntura internacional recente tenha garantido fôlego a tais projetos, faz-se necessário não desprezar as tendências que se colocam no plano estrutural, a partir da evolução da trajetória tecnológica da automação flexível, que tenderão crescentemente a condicionar as decisões de investimento das empresas do setor no contexto internacional.

A recente associação entre as montadoras brasileiras da Ford e da Volkswagen, compartilhando investimentos e gastos em P & D, apresenta aspectos positivos do ponto de vista de novos investimentos em equipamentos de automação. Mesmo assim, a crescente concorrência nos mercados mundiais, especialmente com a transnacionalização das montadoras japonesas, lança incertezas quanto ao futuro de programas de exportação.

Em resumo, conquanto o maior grau de internacionalização das indústrias de bens de capital e automobilística no Brasil tenha induzido uma maior atualização de seus processos produtivos, ela ao mesmo tempo impõe limites à continuidade desse processo.

No caso da indústria de BK, o principal obstáculo é a deficiência das empresas em tecnologia de projeto, com impactos diretos sobre a demanda de sistemas de CAD e, indiretamente, de MFCN. Já com relação à indústria automobilística, a possível alteração na divisão de trabalho entre matrizes e subsidiárias, reduzindo o papel exportador das últimas, afetaria a demanda por EAM, especialmente no caso de robôs.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Ao propor como tema de investigação deste trabalho o impacto da automação dos processos manufatureiros na inserção do Brasil na divisão internacional do trabalho, optou-se por um referencial teórico neo-schumpeteriano, com destaque para os conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas.

A evolução da trajetória tecnológica associa-se a um "meio-ambiente seletivo", histórica e socialmente determinado, a partir do qual a trajetória ramifica-se, indicando a existência de alternativas tecnológicas diversas.

O conceito de ramificação da trajetória tecnológica passa a ter um papel fundamental no contexto deste trabalho, na medida em que permite delimitar uma estratégia que se seja compatível com o grau de desenvolvimento industrial, científico e tecnológico da economia brasileira. A partir desta conclusão, mostra-se que há possibilidades reais de inserção do Brasil no processo inovativo gerado nos países centrais, sem necessariamente envolver-se com a sofisticação dos desenvolvimentos da fronteira tecnológica, representados neste trabalho pelos estágios avançados da automação por integração.

Uma inserção ativa do Brasil no desenvolvimento tecnológico representado pela trajetória da automação flexível envolve um engajamento na produção dos EAM, bem como a difusão destes equipamentos em sua matriz industrial.

Neste processo, vários condicionantes impõem-se

em função do caráter tardio da industrialização brasileira. Os dois primeiros itens destas conclusões procuram avaliar o papel do nosso "meio-ambiente seletivo" na produção e difusão dos EAM, tendo como referência o contexto internacional.

Um terceiro item procura arrolar os impactos previsíveis da automação flexível na inserção brasileira na divisão internacional do trabalho. Um último item refere-se a considerações sobre o papel das políticas públicas.

5.1. Os Condicionantes da Produção dos EAM

A estrutura de custos de produção dos EAM observada no cenário internacional converge no sentido de gerar fortes economias de escala. De um lado, situam-se os elevados gastos em P & D, constituição de rêsdes de assistênciã técnica e marketing, por serem equipamentos de nova geraçãõ; de outro, os descontos na compra de grandes lotes de componentes eletrônicos. Adiciona-se a isso a existênciã de economias de escala dinâmicas, oriundas do processo de aprendizado cumulativo com a produção dos novos equipamentos; este fator será tanto mais importante quanto mais próxima está a empresa do desenvolvimento da tecnologia de ponta.

Nãõ obstante, observou-se que, a despeito de fortes barreiras a entrada, existe a possibilidade de ingresso de empresas de menor porte, com base em dois tipos de estratégia.

Em primeiro lugar, a principal demanda por EAM en

volve configurações isoladas ("ilhas de automação") especialmente no caso de empresas de menor porte. Neste segmento de mercado, as necessidades tecnológicas são mais modestas, podendo ser atendidas por equipamentos menos sofisticados, como demonstra o sucesso da estratégia japonesa em MFCN.

Uma segunda possibilidade advém do processo de diversificação dos setores usuários. Na medida em que os EAM passam a ser incorporados em processos produtivos diferentes, cresce a dificuldade para que a demanda seja atendida por equipamentos padronizados. Abre-se, desta forma, a possibilidade de ingresso de fabricantes de equipamentos específicos, explorando "nichos" de mercado. Esta estratégia é importante no caso de robôs industriais e sistemas de CAD; no caso de MFCN, pelo contrário, observou-se uma redução na possibilidade da especialização, que é associada ao segmento de MF especiais.

A análise da evolução da indústria de MFCN no Brasil e dos projetos aprovados para robôs e CAD indicou uma segmentação similar à observada no contexto mundial.

Destaca-se, em primeiro lugar, um segmento de mercado de tecnologia complexa, que atende às necessidades dos setores usuários mais sofisticados. São exemplos de produtos deste segmento os CN de 16 bits, os robôs universais e os sistemas de CAD de médio e grande porte, que exigiram o recurso ao licenciamento de tecnologia estrangeira.

Ao lado deste, verificou-se o surgimento de fabricantes de equipamentos menos sofisticados, com menor capacidade de programação, como o CN de 8 bits, sistemas de CAD de pequeno porte e os manipuladores sequenciais. A grande parte

das empresas neste segmento desenvolve tecnologia própria e os EAM são comercializados por preços consideravelmente inferiores aos do segmento de tecnologia licenciada, viabilizando a ampliação do número de usuários.

Alguns fabricantes também têm procurado ocupar "nichos" de mercado, podendo-se mencionar um fabricante de CN dedicado a retíficas ou um SFW para CAD desenvolvido para a indústria de calçados. Contudo, o atendimento a um mercado específico nem sempre envolve uma tecnologia mais simples; como visto, uma das empresas do segmento de sistemas de CAD de médio e grande porte licenciou um pacote de SFW complexo para aplicação na construção naval.

A consolidação do parque nacional fabricante de EAM implica na capacitação das empresas em tecnologia de projeto e fabricação. Quanto à primeira, o maior obstáculo está justamente nos EAM mais complexos, onde foi amplamente utilizado o recurso a importações de tecnologia; no tocante à tecnologia de fabricação, os maiores problemas situam-se no preço elevado e nos cronogramas de nacionalização dos EAM. Estes pontos serão aprofundados no item 5.4. a seguir.

5.2. Os Condicionantes da Difusão dos EAM

Os principais setores usuários dos EAM ao nível internacional são a indústria automobilística, bens de capital e eletrônica.

Os dois primeiros (indústrias automobilística e

de bens de capital) também são os principais usuários dos EAM no Brasil. Estes setores passaram a demandar estes equipamentos em função da crescente complexidade dos bens ofertados, quer para substituição de importações, quer para exportação. Já a indústria eletrônica, grande usuária de robôs e sistemas de CAD, tem um desenvolvimento incipiente no caso brasileiro (principalmente no segmento profissional), não intitulado-se a ter o mesmo peso na demanda de EAM se comparada ao contexto internacional.

Não é suficiente avaliar as perspectivas de difusão dos EAM pela mera presença, na estrutura industrial brasileira, dos setores usuários potenciais. A introdução dos EAM nos processos produtivos manufatureiros apresenta uma série de requisitos técnicos e econômicos; é preciso avaliar se estes requisitos verificam-se nos setores usuários potenciais da indústria brasileira.

Apesar de propiciar uma estrutura produtiva mais enxuta (menor relação capital/produto e menor exigência de capital circulante), a automação flexível eleva as escalas mínimas de inversão em função de gastos elevados de P & D, alto custo dos equipamentos e necessidades de infra-estrutura de apoio. Soma-se a isso a necessidade de maiores escalas de produção na medida em que se avança em direção às configurações mais sofisticadas da automação por integração.

A adoção da automação flexível também implica em alterações na organização da produção, com destaque para a integração entre projeto e manufatura e o emprego de princípios organizacionais de tecnologia de grupo, modularidade e controle de estoques.

A difusão dos EAM na indústria brasileira concentrou-se, de início, em subsidiárias estrangeiras e, posteriormente, em empresas nacionais de grande porte. A demanda inicial destes usuários permitiu viabilizar, por meio da política de reserva de mercado, a constituição de uma indústria local de EAM.

Entretanto, a difusão destes equipamentos não se apresenta "massificada" (maior presença de empresas pequenas e médias como usuários) a exemplo do verificado nos principais países desenvolvidos. Este quadro expressa a dificuldade de empresas de menor porte atenderem aos requisitos técnicos e econômicos exigidos pela automação flexível, mesmo tratando-se de configurações isoladas de menor porte.

A isso somam-se condicionantes estruturais ditados pelo grau de internacionalização da economia brasileira. No caso da indústria de bens de capital, o recurso recorrente ao licenciamento externo acabou por gerar uma pauta de produtos excessivamente diversificada sem propiciar capacitação no projeto básico, um caminho diametralmente oposto aos requisitos de padronização, modularidade e integração projeto/manufatura trazidos pela automação microeletrônica.

No caso da indústria automobilística, a disponibilidade de acesso à tecnologia de uso desenvolvida pela matriz permitiu a superação dos problemas técnicos. Entretanto, em função das alterações na estrutura produtiva da indústria no cenário internacional, não há garantias de que as subsidiárias brasileiras continuem, a médio e longo prazos, a serem bases exportadoras, com impactos diretos sobre a demanda de EAM.

Estes fatores mostram que o "meio-ambiente seleti

vo" também atua sobre o processo de difusão dos EAM, com influência direta sobre as estratégias dos fabricantes. A incerteza sobre as perspectivas de demanda conduziram dois fabricantes a abandonarem projetos de robôs multifuncionais, como verificado na análise precedente.

As deficiências na tecnologia de uso tendem a limitar a expansão dos usuários no caso de pequenas e médias empresas. Isto liga-se a outros condicionantes de nosso "meio ambiente seletivo", a saber, a deficiência da infra-estrutura de ciência e tecnologia e de formação de recursos humanos, ponto a ser retomado no item 5.4. a seguir.

5.3. Os EAM e a Inserção Brasileira na Divisão Internacional do Trabalho

Ao longo dos últimos trinta anos, o Brasil adquiriu uma nova inserção na divisão internacional do trabalho ao ingressar na fase de industrialização pesada. Este processo permitiu que durante os anos 70 o país diversificasse sua pauta de exportações de manufaturados em direção a produtos de maior valor agregado. É certo que, na ausência de tal transformação, a vulnerabilidade externa da economia brasileira seria ainda mais acentuada nos dias de hoje.

No entanto, o despontar de novas tecnologias no cenário internacional, em especial a tecnologia da informática, cria uma descontinuidade tecnológica de vulto para a base industrial brasileira. É preocupante a tendência que se deli-

neia no sentido de se gerar uma nova divisão internacional do trabalho em que os países de industrialização recente exportariam manufaturados de baixo valor agregado, enquanto os países desenvolvidos ofertariam bens e serviços sofisticados ligados aos novos "paradigmas tecnológicos" (informática, biotecnologia, novos materiais e novas formas de energia).

A partir da análise da trajetória tecnológica da automação flexível, divisou-se pelo menos quatro tendências que tendem a afetar de forma negativa a posição do Brasil no contexto externo.

Em primeiro lugar, o surgimento da automação flexível ameaça a competitividade externa dos setores usuários destes equipamentos. A perda de competitividade pode ser causada tanto por uma questão tecnológica (menor qualidade dos bens produzidos) como econômica (custos elevados ligados à automação rígida).

Por outro lado, a demanda por EAM tende a traduzir-se em uma menor participação da oferta local no consumo interno da indústria de bens de capital. Isto ocorre tanto pela importação de equipamentos completos como pela reversão dos índices de nacionalização já alcançados pela produção interna de bens de capital. Observou-se acima que a FINAME foi levada a reduzir os índices mínimos de nacionalização da sua linha de crédito voltada para bens de informática.

A automação microeletrônica também poderá acarretar redução na competitividade externa da indústria brasileira de MF convencionais, dada a tendência crescente de substituição de MF convencionais por MFCN.

O avanço no processo de nacionalização dos EAM en

volve componentes de alto valor agregado que apresentam economias de escala elevadas, como o caso dos circuitos integrados. É desejável que este processo não seja tão rápido, uma vez que a elevação dos custos dos componentes pode causar aumentos de preços nos EAM nacionais, prejudicando o processo interno de difusão e inviabilizando a possibilidade de obtenção de competitividade externa.

Uma terceira tendência diz respeito a uma possível alteração na estrutura produtiva de setores usuários dos EAM ao nível mundial, revertendo a estratégia de estabelecer bases exportadoras em países de industrialização recente. No caso da análise feita para a indústria automobilística, a tendência vai no sentido de uma estrutura produtiva mais concentrada no plano mundial, localizada dentro dos mercados consumidores dos países centrais. Isso é conflitante com a estratégia que atualmente predomina na indústria, de exportar partes, peças e veículos completos a partir de países de industrialização recente, como o Brasil.

Por último, a crescente incorporação da automação flexível tende a reduzir as vantagens comparativas de países com baixos salários, na medida em que reduzem a intervenção do trabalho humano direto.

Estas tendências, se corretamente identificadas, não se constituem em uma ameaça no curto prazo, uma vez que muitos dos desenvolvimentos da trajetória da automação flexível sequer encontram-se disponíveis no mercado. No entanto, os enormes gastos em P & D realizados nos países centrais garantem que os impasses técnicos e econômicos tendem a ser superados no médio e longo prazos.

Em decorrência, é necessário que o Brasil empreenda uma estratégia de longo prazo envolvendo a produção e difusão dos EAM, buscando uma inserção ativa no novo cenário que se desenha para a divisão internacional do trabalho.

Isto envolve ter uma política seletiva visando substituir importações de EAM, buscando alcançar competitividade externa em linhas selecionadas destes equipamentos, envolvendo o segmento de tecnologia menos complexa.

A constituição e consolidação destes novos setores produtivos induzirá o surgimento de novos setores produtores de bens e serviços de alto valor agregado, cumprindo o princípio da baixa margem de tolerância de Hirschman. A possibilidade de adquirir competitividade externa no caso destes novos setores tende a reforçar o princípio da baixa margem de tolerância, dada a necessidade de aperfeiçoar a competitividade microeconômica para concorrer nos mercados mundiais.

5.4. O Papel das Políticas Industrial e Tecnológica

A orientação das políticas industrial e tecnológica tem um papel fundamental na estratégia dos países desenvolvidos de consolidar a produção e difusão dos EAM, no intuito de alcançar vantagens comparativas dinâmicas em novos setores de alta tecnologia.

Estas políticas, na medida em que implicam uma socialização dos gastos de P & D de fabricantes e usuários, atuam no sentido de reduzir a incerteza associada ao desen-

volvimento da trajetória tecnológica. Ainda, observou-se em alguns casos um papel seletivo da política, orientando a evolução da ramificação da trajetória tecnológica. Como exemplos, cita-se o caso japonês (EAM simples e padronizados para indústrias não militares), os EUA, (equipamentos sofisticados para indústrias militares) e a política norueguesa (produtos especializados para exportação).

As recomendações aqui feitas para o caso brasileiro situam-se em um plano geral, envolvendo três tópicos: a política de reserva de mercado, a concessão de incentivos fiscais e creditícios e a questão da normalização.

5.4.1. A Política de Reserva de Mercado

É inegável reconhecer que a política de reserva de mercado foi uma condição "sine qua non" para a implantação de uma indústria nacional fabricante de EAM. O controle de importações e a exigência de controle acionário por residentes no país cumpriu, neste sentido, um papel fundamental.

No entanto, o objetivo maior desta política, qual seja, o desenvolvimento de uma capacitação tecnológica autônoma, está longe de ser alcançado, em função das deficiências apontadas com relação a tecnologia de projeto, fabricação e uso dos EAM.

Quanto à *tecnologia de fabricação* os maiores empecilhos situam-se no preço e cronogramas de nacionalização. O preço elevado dos EAM nacionais reflete problemas de custo,

mas também de margens de lucro elevadas, em função da incerteza sobre a própria continuidade da reserva de mercado, ao lado de barreiras elevadas à entrada no caso dos fabricantes de tecnologia licenciada, dada a orientação da SEI de impedir novos contratos de importação de tecnologia.

Os altos preços são um sério obstáculo ao processo de difusão, ameaçando criar um dualismo tecnológico entre empresas de grande porte (principalmente estrangeiras) e empresas nacionais de pequeno e médio porte, nos setores usuários mais desconcentrados, como a indústria mecânica e de autopeças.

Conquanto seja desejável que os índices de nacionalização dos EAM aumentem, abrindo espaço para o surgimento de fornecedores de partes e componentes de alto valor agregado, o ritmo deste processo não pode acarretar elevações súbitas de custos para os fabricantes, sob pena de prejudicar ainda mais o processo de difusão.

O desenvolvimento da *tecnologia de projeto* segue um padrão similar ao verificado na indústria brasileira de bens de capital. No segmento de mercado mais sofisticado, houve o recurso massivo ao licenciamento externo, enquanto no segmento de tecnologia menos complexa houve uma opção majoritária de desenvolvimento de tecnologia própria.

O recurso a importações de tecnologia apresenta limites conhecidos; a não capacitação no projeto básico dos equipamentos, a existência de restrições não formais para exportação, o uso da marca licenciada como estratégia de marketing. Observou-se, ainda, no caso de sistemas de CAD, a recusa de alguns fabricantes americanos em ceder tecnologia de

ponta.

Não obstante tais limitações, o licenciamento mostrou-se a única alternativa para que os fabricantes nacionais atendessem às necessidades dos usuários mais sofisticados. E frente aos prováveis deslocamentos da fronteira da tecnologia, novos acordos de licenciamento poderão ser necessários.

Daí decorre a importância estratégica de apoio aos fabricantes do segmento de mercado menos sofisticado. Neste segmento, as barreiras a entrada são menores, permitindo uma estrutura de mercado menos concentrada, com a redução de lucros monopólicos e dos preços.

Ao mesmo tempo o desenvolvimento tecnológico deste segmento cria uma capacitação mínima para a absorção de tecnologia licenciada via cópia. Ainda, é possível que este setor passe a ofertar produtos de complexidade intermediária, concorrendo com o segmento de tecnologia mais complexa, como no exemplo dos sistemas de CAD com base em PC-AT, de 32 bits.

As possibilidades de acesso a mercados externos também são maiores neste segmento, por não se disputar faixas de mercado onde concentram-se as atividades das empresas dos países desenvolvidos. Não tendo restrições à exportação, este setor pode, com base em preços mais baixos, atender a demanda de usuários externos que não se voltem sobre equipamentos de última geração.

A maior deficiência da política de reserva de mercado está ligada às limitações no desenvolvimento de tecnologia de uso.

Concentrando os esforços no sentido de desenvolver uma capacitação do lado da produção, a política de reserva de mercado vem enfrentando crescentes obstáculos referentes à falta de recursos humanos e de conhecimentos técnicos que permitam uma difusão dos EAM em usuários de menor porte. Isto se deve ao deficiente arcabouço institucional de ciência e tecnologia existente no país e à inexistência de uma política voltada para a formação específica de recursos humanos para a área de automação industrial, acarretando custos elevados para fabricantes e usuários na formação (no Brasil e exterior) de técnicos qualificados.

O desenvolvimento autônomo de tecnologia envolve a interação de profissionais de universidades, instituições de pesquisa e empresas (fabricantes e usuários). Enquanto avançou-se consideravelmente na implantação de um parque produtivo de EAM, o progresso foi mais tímido do lado do apoio à formação de recursos humanos, apoio a centros de pesquisa e universidades e desenvolvimento de tecnologia de uso.

A complementação da política de reserva de mercado com a consolidação das instituições de pesquisa e universidades e a implementação de uma política de recursos humanos são tarefas prementes, se se deseja a consolidação da indústria fabricante (de modo a enfrentar o fim da reserva de mercado) e a capacitação dos setores usuários. Isto remete para uma exigência mais geral, no sentido de que o Brasil passe a ter gastos em ciência e tecnologia nos níveis internacionais, envolvendo de 2 a 3% do PIB por ano, mais do que o dobro dos níveis atuais.

5.4.2. Política de Incentivos

Dada a constituição relativamente recente dos incentivos fiscais e creditícios para bens de informática, não foi possível avaliar o impacto sobre usuários e fabricantes de EAM.

A importância destes mecanismos está na possibilidade de imprimir uma orientação seletiva ao processo de desenvolvimento tecnológico. O exemplo mais consistente de concessão de incentivos parece ser o caso japonês, onde incentivos fiscais e creditícios são concedidos visando estimular atividades específicas: gastos crescentes em P & D, pesquisas cooperativas, difusão em pequenas e médias empresas, testes de protótipos, desenvolvimento de novos aplicativos e outros.

Uma vez que este trabalho aponta a necessidade de uma inserção brasileira na produção de EAM por meio de produtos menos complexos, uma política de incentivos coerente voltar-se-ia prioritariamente para este segmento. Isto justificase pelo fato de que as empresas que vem desenvolvendo tecnologia própria são, em geral, de porte pequeno e médio, sendo as que mais carecem de recursos para gastos em P & D. Igualmente importante é o estímulo à difusão em pequenas e médias empresas, o que pode exigir condições especiais de crédito.

A seletividade desta política deve, portanto, estar sintonizada com a ramificação de trajetória tecnológica que se quer alcançar, de modo a garantir a competitividade dos usuários e fabricantes.

5.4.3. Normalização

A evolução da trajetória da automação flexível indica a importância crescente da integração das "ilhas de automação".

Neste sentido, é fundamental avançar na normalização dos protocolos de interface de equipamentos de origens distintas, mesmo que a estratégia brasileira na área volte-se inicialmente para a oferta de configurações isoladas.

A necessidade da normalização justifica-se também para que o usuário não fique atado aos equipamentos de um único fabricante (estratégia de "lock-in"). Uma vez que a orientação da SEI tem sido de restringir novos acordos de licenciamento, é extremamente preocupante a possibilidade de que os usuários fiquem presos às normas de um fabricante estrangeiro, que tenderia desta forma a impor um determinado padrão ao mercado brasileiro.

A tendência internacional na área aponta em direção ao modelo de sistemas abertos da ISO (Organização Internacional de Padrões), que permite interconectar equipamentos diversos sem modificações de HRW ou SFW.

* * *

O nível de generalidade alcançado pelas conclusões desta dissertação talvez se mostre excessivo para um leitor mais ligado ao tema proposto. Esta generalidade é fruto do grande número de questões que se apresentaram quando procurou-se investigar, a partir de um referencial teórico al-

ternativo, um caso particular da difusão do progresso técnico em um país de industrialização recente.

Se o esforço feito servir de estímulo a novos trabalhos (e novas conclusões) nesta problemática, sentir-nos-emos mais recompensados do que pela confirmação de eventos que hoje se apresentam tão somente enquanto tendências.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA CITADA

I) Livros, Artigos, Teses e Relatórios de Pesquisa

ABIMAQ/SINDIMAQ - Pesquisa Industrial - Máquinas Ferramentas para Trabalhar Metais e Carbonetos Metálicos - Associação Brasileira e Sindicato Interestadual de Máquinas e Equipamentos - 1985.

ALMEIDA, L.T. - Os impactos da Incorporação de Máquinas-Ferramenta com Controle Numérico numa Empresa da Indústria Mecânica do Brasil. Relatório Final para a FAPESP. Campinas, Instituto de Economia/UNICAMP, maio 1985.

ALMEIDA, L.T. - A Política de Automação Industrial no Brasil Instituto de Economia/UNICAMP, 1986, mimeo.

ARAÚJO Jr., J.T. - Tecnologia, Concorrência e Mudança Estrutural: A Experiência Brasileira Recente - Série PNPE nº 11, IPEA/INPES, Rio de Janeiro, 1985.

ARNOLD, E. - Computer Aided Design in Europe. Sussex European Paper nº 14 - Sussex European Research Centre - University of Sussex, 1984.

ARON, P.A. - Robots Revisited: One Year Later - Daiwa Securities - America Inc. Report nº 25 - Julho 1981.

ASSIS, L.E.A. - A Indústria de Bens de Capital no Brasil: Origens, Política Econômica e Desempenho Recente - Dissertação

tação de Mestrado - DEPE/UNICAMP, Junho 1985.

- BAPTISTA, M.A.C. - Caracterização e Principais Tendências do Setor a Nível Internacional: Condicionantes Impostos ao Desenvolvimento da Indústria Eletrônica de Consumo no Brasil. Relatório Parcial Convênio IE/UNICAMP - IEI/UFRJ - STI/MIC - Campinas, Maio 1986.
- BELLUZZO, L.G.M. e COUTINHO, L.G. - Reflexões sobre as Tendências de Mudança nos Processos de Produção Industrial. IFCH/UNICAMP, 1983, mimeo.
- BESSANT, J. - Flexible Manufacturing Systems - An Overview - UNIDO-Microelectronics Monitor nº 12 (suplemento), Dezembro 1984.
- BONELLI, R. e FAÇANHA, L.O. - A Indústria de Bens de Capital no Brasil: Desenvolvimento, Problemas e Perspectivas, in: Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento - monografia IPEA nº 28, RJ, 1978.
- BONELLI, R. e MALAN, P.S. - Os limites do Possível: notas sobre o Balanço de Pagamentos e Indústria nos Anos 70 - Revista Pesquisa e Planejamento Econômico - RJ, nº 6, vol. 2 Agosto 1976.
- BONELLI, R. e WERNECK, D.F.F. - "Desempenho Industrial: Auge e Desaceleração nos Anos 70", in Indústria: Política, Instituições e Desenvolvimento, monografia IPEA nº 28, RJ, 1978.
- CAMAGNI, R. - The Flexible Automation Trajectory - The Italian Case - Texto apresentado para a International Confe-

rence of Innovation Diffusion - Veneza, Itália, Março 1986.

CARDOSO DE MELLO, J.M. - O Capitalismo Tardio. Ed. Brasiliense, 1982.

CORRÊA DO LAGO, L.A. et alii - A Indústria Brasileira de Bens de Capital, IBRE/FGV, Estudos Especiais nº 1, RJ, 1979.

COUTINHO, L.G. - Percalços e Problemas da Economia Mundial Capitalista. Seminário ANPEC/CAEN - Fortaleza, 1979, mimeo.

DOSI, G. - Technical Change and Industrial Innovation - The Theory and an Application to the Semiconductor Industry - MacMillan Press, Londres, 1984.

DYTZ, E. et alii - A Política de Comando Numérico e de CAD/CAM e Robótica no Brasil - Anais do Segundo Seminário de Comando Numérico no Brasil - São Paulo, 1982.

ERBER, F.S. - Technology Issues in the Capital Goods Sector: A Case Study of Leading Industrial Machinery Producers in Brazil. UNCTAD, Geneva, 1982.

ERBER, F.S. - O "Complexo Eletrônico" - Estrutura, Evolução Histórica e Padrão de Competição - ANPEC/PNPE, RJ, 1983.

ERBER, F.S. - The Capital Goods Industry and the Dynamics of Economic Development in LDCs - The Case of Brazil - Texto para Discussão nº 48 - IEI/UFRJ, 1984.

ERBER, F.S. - Paradigma Tecnológico, Complexo Industrial e Política Econômica na Microeletrônica. Anais do XIII En-

contro Nacional de Economia - ANPEC, vol. 2, Dezembro 1985, Vitória/ES.

ERBER, F.S. et alii - Absorção e Criação de Tecnologia na Indústria de Bens de Capital. FINEP - Série Pesquisas, nº 2, Rio de Janeiro, 1974.

ERBER, F.S. et alii - "Restrições Externas, Tecnologia e Emprego, uma Análise do Caso Brasileiro". Texto para discussão nº 76 - IEI/UFRJ, 1985.

FAJNZYLBBER, F. - La Industrialización Trunca. Ed. Nueva Imagem, México, 1983.

FREEMAN, C. (org.) - Long Waves in the World Economy - Frances Pinter, London, 1984.

FREEMAN, C. et alii - Unemployment and Technical Innovation - Frances Pinter, London, 1982.

GUIMARÃES, E.A. - "A Dinâmica de Crescimento da Indústria de Automóveis no Brasil: 1957-78" - Apêndice ao livro Acumulação e Crescimento da Firma - Ed. Zahar.

GUNN, T. - "The Mechanization of Design and Manufacturing" - Scientific American nº especial sobre mecanização, vol. 247, nº 3, Setembro 1982.

HABERLER, G. - "Joseph Alois Schumpeter - 1883-1950", in HARRIS, S.E. - Schumpeter, Social Scientist - Harvard University Press - Cambridge, Massachusetts, 1951.

HIRSCHMAN, A.O. - The Strategy of Economic Development - New Haven - Yale University Press, 1958.

HUNT, V.D. - Industrial Robotics Handbook - Technology Research Corporation, New York, 1983.

JACOBSSON, S. "Numerically Controlled Machine Tools - Implications for Newly Industrialized Countries", in S. e SIGURDSON, J. Technological Trends and Challenges in Electronics. Suécia, Universidade de Lund, 1983, p. 188.

JACOBSSON, S. e EDQUIST, C. - Trends in the Diffusion of Electronics Technology in the Capital Goods Sector - Research Policy Institute - Universidade de Lund, Suécia, 1984.

KAPLINSKY, R. - "Computer Aided Design - Electronics and the Technological Gap between DCs and LDCs" in Technological Trends and Challenges in Electronics - S. Jacobsson e J. Sigurdson (orgs.) - Research Policy Institute - University of Lund, Suécia.

KAPLINSKY, R. - Microelectronics and Technical Change Revisited - Institute of Development Studies - University of Sussex, Março 1985 - Versão Preliminar.

KODAMA, F. - "Japanese Innovation in Mechatronics Technology" - Science and Public Policy, vol. 13, nº 1, Fevereiro 1986, pp. 44-51.

LAPLANE, M.F. - A Indústria Brasileira de Equipamentos de Automação Industrial de Base Microeletrônica - IE/UNICAMP, 1986, mimeo.

LEITE, E.M. - Novas Tecnologias, Emprego e Qualificação na Indústria Mecânica - Anais do 2º CONAI, Novembro 1985.

LEITE, E.M. et alii - Automação Microeletrônica na Indústria:

Subsídios à Pesquisa - SENAI - DPEA/SP, Dezembro 1984.

LESSA, C. - A Estratégia de Desenvolvimento 74/76: Sonho e Fracasso - UFRJ - Tese de Titulação, RJ, 1978.

LOWENSTEIN, F. - "Machine Tools: The NAE Report", Technological Review, vol. 86, nº 7, Outubro 1983, p. 60.

MARX, K. - O Capital, Ed. Abril Cultural - Coleção "Os Economistas", vol. I, cap. 23.

MAZZUCHELLI, F. - A Expansão Inconclusa (considerações sobre o Setor de Bens de Capital no Brasil) - tese de mestrado, DEPE/IFCH/UNICAMP, 1977.

MELMAN, S. - "How the Yankees lost their know-how", in Technology Review, vol. 86, nº 7, 1983.

MENDES, M.J. - Redes Locais de Comunicação em Ambiente Industrial - Anais do 6º SCNB - Seminário de Comando Numérico no Brasil - SOBRACON, São Paulo, Agosto 1986.

MORAES FILHO, W.R. - A Formação de Pessoal de Nível Superior na Área de Software para Automação Industrial - Anais do 6º Seminário de Comando Numérico do Brasil - São Paulo, Agosto 1986, Texto nº 10.

MORAES NETO, B.R. - Marx, Taylor, Ford - Uma discussão sobre as forças produtivas capitalistas - Tese de Doutorado, IE/UNICAMP, Campinas, SP, 1984.

MURRAY, F. - "The Decentralisation of Production - the decline of the mass-colletive worker?" Capital and Class - Bulletin of the Conference of Socialist Economists.

- NELSON, R.R. e WINTER, S.G. - "In Search of Useful Theory of Innovation" - Research Policy, nº 6, 1977.
- NEVES, R.B. - Exportações e Crescimento Industrial no Brasil. IPEA - Monografia nº 33, RJ, 1985.
- OLIVEIRA Fº, G.J. - Comissão para Concessão de Benefícios Fiscais e Programas Especiais de Exportação (BEFIEIX) - 1973/81 - Dissertação de Mestrado - DEPE/UNICAMP, Campinas, 1984.
- ONU/ECE - Production and Use of Industrial Robots - Economic Commission for Europe, Nações Unidas, New York, 1985.
- PELIANO, J.C.P. - Motivos e Obstáculos à Automação Microeletrônica na Produção de Automóveis: na Montadora "A", CNRH/IPEA, Brasília, Julho 1985.
- PELIANO, J.C.P. - Motivos e Obstáculos à Automação Microeletrônica na Produção de Automóveis: na Montadora "B", CNRH/IPEA, Brasília, Janeiro 1986.
- PEÑALVER, M. et alii - Política Industrial e Exportação de Manufaturados do Brasil - Banco Mundial/FGV, RJ, 1983.
- POSSAS, M.L. - Dinâmica e Ciclo Econômico em Oligopólio, Tese de Doutorado - IFCH/UNICAMP, Campinas, 1983.
- POSSAS, M.L. - Estruturas de Mercado em Oligopólio - Ed. Hucitec, São Paulo, 1985.
- REAL, B. - Technical Change and Economic Policy - The Machine Tool Industry, Sector Report - OECD, 1980.
- SATA, T. - A View of Highly Automated Flexible Manufacturing

- Systems - University of Tokio, Japan 1982, mimeo.
- SCHUMPETER, J.A. - A Teoria do Desenvolvimento Econômico, Ed. Abril - Coleção "Os Economistas", São Paulo, 1982.
- SCHUMPETER, J.A. - Business Cycles - A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process, Mac Graw Hill, New York, 1939.
- SCHUMPETER, J.A. - Capitalismo, Socialismo e Democracia, Ed. Zahar, RJ, 1984.
- SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D. - Machine Tool Industry - Technical Change and International Competitiveness - The Technical Change Centre, London, 1985.
- SEI - Plano Nacional de Informática. Subsídios para os Planos Setoriais, Fevereiro 1985, mimeo.
- SILVA, A.L.G. - A Indústria de Componentes Eletrônicos Semicondutores: Padrão de Concorrência Internacional e Inserção do Brasil - Tese de Mestrado, UNICAMP/Instituto de Economia, 1985.
- SILVA, L.M.L.A. - Identificação de Áreas Prioritárias para uma Política de C & T para o Estado de São Paulo. Relatório Final - Convênio IE/UNICAMP - Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1986.
- SILVA, M.E. - Inovação Tecnológica: um Estudo de Caso - Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Econômicas - IPE/USP, 1984.

- SOETE, L. - "International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging" - World Development, vol. 13, nº 3, 1985.
- STEINDL, J. - Maturidade e Estagnação no Capitalismo Americano. Ed. Abril, Coleção "Os Economistas", 1983.
- STEMMER, C.E. - Panorama da Automatização Industrial no Brasil. Anais do 5º Seminário de Comando Numérico no Brasil - SOBACON, São Paulo, 1985.
- TADINI, V. - O Setor de Bens de Capital sob Encomenda: Análise do Desenvolvimento Recente (1974/83) - Dissertação de Mestrado - FEA/USP, São Paulo, 1985.
- TAUILE, J.R. - Microelectronics, Automation and Economic Development - The Case of Numerically Controlled Machine Tools in Brazil - Ph.D Thesis - New School for Social Research, Abril 1984.
- TAUILE, J.R. - Microeletrônica e Automação: A Nova Fase da Indústria Automobilística Brasileira - Texto para Discussão nº 55, IEI/UFRJ, Agosto 1984.
- TAUILE, J.R. - O Desenvolvimento Internacional da Robótica: Dados e Reflexões, Texto para Discussão nº 78, IEI/UFRJ, Agosto 1985.
- TAUILE, J.R. - Aspectos Sociais da Automação, Boletim SOBACON - Ano II, Set/Out 1985, nº 23.
- TAUILE, J.R. - Automação, Competitividade e Emprego - Uma Avaliação das Tendências Contemporâneas no Cenário Inter-

- nacional. Relatório para a OIT - Organização Internacional de Trabalho - UFRJ, Rio de Janeiro, 1985.
- TAVARES, M.C. - "Auge e Declínio do Processo de Substituição de Importações no Brasil", in Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro, Ed. Zahar, RJ, 9ª edição, 1981.
- TAVARES, M.C. - Acumulação de Capital e Industrialização no Brasil. Tese de Livre Docência, FEA/UFRJ, 1975.
- TAVARES, M.C. - Ciclo e Crise - O Movimento Recente da Industrialização Brasileira, Tese de Professora Titular - FEA/UFRJ, 1978.
- TIGRE, P.B. - Economia da Informação: Implicações para o Terceiro Mundo - IEI/UFRJ, Texto para discussão, nº 82.
- THORSTENSEN, V.H. - O Setor de Bens de Capital, o Estado Produtor e o Estado Planejador: Conflito ou Cooperação?, Tese de Doutorado EAESP/FGV, SP, 1980, pp. 115-118.
- UNCTAD - Problems and Issues Concerning the Transfer, Application and Development of Technology in the Capital Goods and Industrial Machinery Sector, Study by the Secretary General, Genebra, 1982.
- USDC/ITA - The Robotics Industry - US Department of Commerce/International Trade Administration, Washington/EUA, 1983.
- USITC - Competitive Assesment of the U.S.A. Metalworking Machine Tool Industry - Relatório da U.S. International Trade Comission, Publicação nº 1428, Dezembro 1983.

USITC - Competitive Position of U.S. Producers of Robotics in Domestic and World Markets - United States International Trade Commission - Publication nº 1475, 1983.

WATANABE, S. - Market Structure Industrial Organization and Technological Development: The Case of the Japanese Electronics-based-NC Machine-Tool Industry. Genebra, International Labour Office, Fevereiro 1983.

ZONINSEIN, J. - Política Industrial, "Joint-Ventures" e Exportações: A Experiência Brasileira - Texto para Discussão nº 79, IEI/UFRJ, 1985.

ZYGMONT, J. - "Flexible Manufacturing Systems - Curing the Cure-All" - High Technology, Outubro 1986.

II) Jornais e Periódicos

II.1. Nacionais

Boletim SOBRACON

Dados e Idéias

Data News

Dirigente Industrial

Exame Informática

Informática Hoje

Isto é

Máquinas e Ferramentas

Estado de São Paulo

Folha de S. Paulo

Gazeta Mercantil

II.2. Estrangeiros

Electronics

Fortune

International Business Week

Microelectronics Monitor

Technology Review

Time

U.S. Industrial Outlook

ANEXO ESTADÍSTICO

TABELA I

PARCELAS DE MERCADO DOS PRINCIPAIS PAÍSES FABRICANTES DE MF
(%)

	1965	1974	1980	1982
Alemanha Federal	17,5	17,8	17,7	15,4
Itália	2,6	6,1	6,2	6,2
Japão	4,1	12,9	14,4	17,1
Suíça	3,2	3,6	4,0	3,4
Reino Unido	8,2	4,6	4,5	3,2
EUA	28,4	16,9	18,2	15,9
URSS	14,9	14,6	11,7	12,9
Outros	21,1	23,5	23,3	26,6
Total - 100% - US\$ Milhões	4.811	12.656	26.535	22.694

FONTE: SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D., op. cit., p. 31.

TABELA II
 PARCELA DA PRODUÇÃO NACIONAL DE MF EXPORTADA
 (%)

	1966	1975	1980	1982
Alemanha Federal	54,9	72,7	62,4	65,9
Itália	63,0	48,4	51,4	59,7
Japão	19,1	29,5	38,1	32,7
Suíça	67,4	81,7	85,0	88,5
Reino Unido	29,4	49,9	56,6	66,6
EUA	12,9	23,2	15,5	17,7

FONTE: SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D., op. cit., p. 32.

TABELA III
 IMPORTAÇÕES DE MF COMO PARCELA DO CONSUMO DOMÉSTICO
 (%)

	1963	1966	1975	1978	1980	1982
Alemanha Federal	16,3	18,0	27,8	29,9	32,8	30,1
Itália	n.d.	53,2	32,4	29,4	29,2	30,5
Japão	21,9	12,6	14,2	8,2	8,5	8,0
Suiça	n.d.	34,5	40,9	51,0	55,1	66,0
Reino Unido	26,0	24,3	37,7	38,3	45,3	61,1
EUA	5,2	7,1	13,8	21,4	23,2	30,4

n.d. - não disponível

FONTE: SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D., op. cit., p. 33.

TABELA IV
 PAÍSES SELECIONADOS DA OECD (*) - PARCELA DAS MFCN NO VALOR DA
 PRODUÇÃO DE MF DE CORTE DE METAIS POR TIPO DE MÁQUINA
 (1976 e 1982)

Discriminação	1976		1982		Taxa de Crescimento 1976-82 (%)
	US\$ Milhões	%	US\$ Milhões	%	
Furadeira de Diâmetro Interno					
CN	92	35	297	57	223
Convencional	171	65	226	43	32
Total	263	100	523	100	99
Fresadoras					
CN	145	23	633	53	337
Convencional	493	77	557	47	13
Total	638	100	1.190	100	87
Furadeira					
CN	34	13	93	34	173
Convencional	229	87	178	66	-22
Total	263	100	271	100	3
Máquinas Corte de Engrenagens					
CN	0	0	15	6	--
Convencional	193	100	250	94	30
Total	193	100	265	100	37
Lixadeiras e Polidoras					
CN	10	1	115	8	1.050
Convencional	480	99	1.330	92	177
Total	490	100	1.445	100	195
Tornos					
CN	479	30	1.430	61	192
Convencional	1.112	70	885	39	-20
Total	1.591	100	2.288	100	44
Outras MF de Corte Completas					
CN	46	4	385	13	737
Convencional	1.016	96	2.639	87	160
Total	1.062	100	3.024	100	185
Centros de Usinagem					
	395	--	1.232	--	212
Total das MF de Corte de Metais					
CN	1.201	25	4.173	41	247
Convencional	3.694	75	6.065	59	64
Total	4.895	100	10.238	100	109

(*) EUA, Japão, Alemanha Federal, França, Itália e Reino Unido.
 FONTE: JACOBSSON, S. e EDQUIST, C., op. cit., p. 6.

TABELA V

PAÍSES SELECIONADOS DA OECD (*) - PARTICIPAÇÃO DOS DIVERSOS
TIPOS DE MFCN NO TOTAL DO VALOR DA PRODUÇÃO DE MFCN
1982

Discriminação	(%)
Tornos	33,6
Centros de Usinagem	29,5
Fresadoras	15,2
Furadeiras de Diâmetro Interno	7,1
Lixadeiras e Polidoras	2,7
Furadeiras	2,2
Máquinas de Corte de Engrenagens	0,4
Outros	9,2
Total	100,0

(*) EUA, Japão, Alemanha Federal, França, Itália e Reino Unido.

FONTE: A partir dos dados Tabela IV.

TABELA VI

JAPÃO E EUA - DISTRIBUIÇÃO DAS MFCN POR SETORES (1)

Discriminação	(unidades)			
	Japão (1981)		EUA (1983)	
	Unidade	%	Unidade	%
Maquinaria Geral	11.394	43	52.541	51
Maquinaria Elétrica	4.262	16	10.772	10
Equipamento de Transporte	6.272	23	15.284	15
Maquinaria de Precisão	1.775	7	4.874	5
Produtos de Metal	1.460	5	14.463 (2)	14
Produtos Forjados/Fundidos	580	2	2.662 (3)	3
Miscelânea	978	4	2.102	2
Total	26.725	100	103.308	100

(1) O levantamento para o Japão envolve plantas com 100 ou mais empregados; no caso dos EUA, cobre todos os tamanhos.

(2) Produtos de metais.

(3) Metais primários.

FONTE: JACOBSSON, S. e EDQUIST, C., op. cit.

TABELA VII
JAPÃO - INVESTIMENTO EM MFCN POR TAMANHO DE EMPRESA
(1970-1981)

Ano	Tamanho de Empresa	
	Grandes	Médias e Pequenas (*)
1970	67,7	32,3
1971	66,7	33,3
1972	56,8	43,2
1973	47,9	52,1
1974	49,8	50,2
1975	42,1	57,9
1976	43,5	56,5
1977	48,9	51,1
1978	34,2	65,8
1979	38,3	61,7
1980	35,2	64,8
1981	37,5	62,5

(*) Empresas com menos de 300 empregados.

FONTE: JACOBSSON, S. e EDQUIST, C., op. cit., p. 9.

TABELA VIII

EUA - DISTRIBUIÇÃO DAS MFCN INSTALADAS POR CLASSE DE TAMANHO
 DAS EMPRESAS USUÁRIAS
 (1982)

Número de Empregados	Número de MFCN	(unidades)
		%
1 - 19	6.508	6
20 - 99	35.128	34
100 - 499	31.950	31
500 +	29.722	29

FONTE: JACOBSSON, S. e EDQUIST, C., op. cit., p. 9.

TABELA IX

PAÍSES SELECIONADOS - PRODUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DA INDÚSTRIA DE
TORNOS COM CN

Países	Produção de Tornos CN	Produção da Empresa Líder		Produção das 4 Maiores		Média da Produção das 4 Maiores Se- guintes à Líder Nº
		%	Nº	%	Nº	
Reino Unido (1977)	270	31	80	83	225	50
França (1978)	330	45	150	80	265	35
Alemanha Federal (1978)	1.225	20	250	70	875	210
Itália (1978)	709	20	140 ⁽¹⁾	64	450	103
Japão (1978)	4.986	19	1.000	64 ⁽²⁾	3100	525
Japão (1975)	1.359	19	270	60	700	105

(1) 1977

(2) 5 maiores

FONTE: JACOBSSON, S. "Numerically Controlled Machine Tools - Im-
plications for Newly Industrialized Countries", in: JA-
COBSSON, S. e SIGURDSON, J. Technological Trends and
Challenges in Electronics. Suécia, Universidade de Lund,
p. 187.

TABELA X

PRODUTIVIDADE APARENTE NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA

	Produção por Empregado (US\$ Mil)	
	1975	1980
Alemanha Federal	23,6	27,5
Itália	23,9	30,0
Japão	19,0	54,5
Reino Unido	13,7	13,6
EUA	27,6	27,1

FONTE: SCIBERRAS, E. e PAYNE, B.D., op. cit., p. 101.

TABELA XI

FLUXOS DE COMÉRCIO EM ROBÓTICA - PAÍSES SELECIONADOS

1982 - UNIDADES E VALOR (US\$ Mil)

	Produção (1)	Exportação (2)	Importação (3)	Consumo Interno (4)
EUA	2.582 (142.823)	478 (20.300)	999 (15.097)	3.106 (137.620)
RFA	1.600 (104.000)	650 (42.250)	400 (26.000)	1.350 (87.750)
Suécia	912 (49.474)	805 (45.658)	108 (4.737)	215 (8.553)
Reino Unido	101 (*) (n.d.)	n.d. (n.d.)	338 (n.d.)	439 (n.d.)

(*) Produção para o mercado interno

n.d. - não disponível

FONTES: USITC, op. cit., pp. 12, 13 e 33.ONU/ECE, op. cit., pp. 62, 67, 68 e 80.

TABELA XII
 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS ROBÔS INSTALADOS EM
 PAÍSES SELECIONADOS - 1983

(%)

Aplicação	Japão	EUA	RFA	Suécia
Solda (Ponto)	15	19	32	20
Solda (Arco)		4	18	
Pintura	-- (*)	5	12	17
Carga/descarga M.F.	40	24	9	40
Carga/descarga Fundição	-- (*)	16	3	11
Montagem	30	1	5	1
Outras (**)	15	31	21	11
Total	100	100	100	100

(*) Incluída em outras

(**) Inclui teste e medição, pesquisa e educação, usinagem e não especificados.

FONTES: ONU/ECE, op. cit., p. 27.

HUNT, V.D., op. cit., p. 10 (Japão)

TABELA XIII

JAPÃO - DISTRIBUIÇÃO DO USO DE ROBÔS POR INDÚSTRIA

1980

Indústria	(%)
Automóveis	30
Maquinaria Elétrica	36
Moldagem de Plásticos	10
Produtos Metálicos	5
Ferro e Aço	1
Outros	18
Total	100

FONTE: Japan Industrial Robotics Association (JIRA) in TAUILÉ,
J.R., op. cit., p. 14.

TABELA XIV

JAPÃO - VENDAS DOS PRINCIPAIS FABRICANTES DE ROBÔS

1982

Produtor	Vendas Valor (US\$ Mil)	(%)	Aplicação
Matsushita Eletric	54.167	9,0	SA,M
Hitachi	33.333	5,6	SA,P,M
Kawasaki Heavy Ind.	31.250	5,2	SP,CD,MM
Yaskawa Eletric	27.917	4,7	SA,MM
Fanuc	25.000	4,2	CD,U,M
Mitsubishi Eletric	23.983	4,0	SP,P,M
Dainichi Kiko	19.167	3,2	MM
Komatsu	16.667	2,8	F
Star Seiki	13.333	2,2	CD
Kobe Steel	9.583	1,5	SA,P,F
Outros	345.058	57,6	
Total	599.458	100,0	

Aplicações: SA = Solda a Arco
 SP = Solda a Ponto
 M = Montagem
 CD = Carga e Descarga de MF
 MM = Manipulação de Materiais
 P = Pintura
 U = Usinagem
 F = Forjaria

FONTE: USITC, op.cit., p. 22 e ARON, P.A. - Robots Revisited: One year Later - Daiwa Securities America Inc. Report nº 25 - Julho 1981, pp. 23 a 30.

TABELA XV

EUA - VALOR DAS VENDAS DOS PRINCIPAIS FABRICANTES DE ROBÔS

Empresa	US\$ 1.000	(%)
Unimation/Westinghouse	60.000	22,8
Cincinnati-Milacron	42.500	16,2
Automatix - Inc (1)	20.000	7,6
Asea Inc.	19.000	7,2
De Vilbiss (2)	17.500	6,7
Prabrobots	11.000	4,2
Cybotech (3)	11.000	4,2
Advanced Robotics	8.500	3,2
IBM	8.000	3,0
GM/Fanuc (4)	8.000	3,0
Outras	57.000	21,9
Total	263.000	100,0

(1) Inclui vendas de sistemas de visão artificial.

(2) Subsidiária da Champion Spark Plug, Inc.

(3) "Joint-Venture" da Ransburg e Renault (França).

(4) Inclui vendas à GM (90% do total).

FONTE: USDC/ITA - The Robotics Industry - US Department of Commerce/International Trade Administration - Washington, EUA - 1983, p. 20.

TABELA XVI

EUA - PARQUE INSTALADO DE SISTEMAS DE CAD

POR ÁREA DE APLICAÇÃO

1981, 1985 e 1995

Discriminação	1981		1985 (*)		1995 (*)		Taxa de Crescimento (%)	
	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	%	85/81	95/85
Mecânica	1.744	38	9.000	50	82.000	43	51	25
Elétrica e Eletrônica	1.620	36	3.700	21	51.000	27	23	30
Arquitetura e Construção Civil	630	14	2.900	16	37.000	19	47	29
Cartografia e Outros	568	12	2.400	13	20.000	11	43	24
Total	4.562	100	18.000	100	190.000	100	41	27

(*) Estimado.

FONTE: Technology Update, 12/03/83 in UNIDO, Microelectronics Monitor nº 6, Abr-Jun/1983, p. 35.

TABELA XVII

ESTIMATIVA DO MERCADO "TURNKEY" DE CAD (US\$ Milhões)

	1980	%	1981	%	1982	%	1983	%	1984	%
Computervision	191	32	271	30	325	27	395	25	495	21
IBM	71	12	145	16	225	19	340	21	510	21
Intergraph	56	9	91	10	156	13	246	15	380	16
Calma - G.E.	62	10	100	11	140	12	195	12	290	12
Applicon - SLB	68	11	84	9	96	8	100	6	150	6
McDonnell Douglas Auto	14	2	35	4	46	4	60	4	100	4
Auto-Irel Technology	51	9	48	5	44	4	49	3	60	3
Outros (**)	79	13	120	13	175	14	215	13	350	15
Total	592	100	894	100	1.207	100	1.600	100	2.335	100

(*) Estimado.

(**) Inclui Control Data, Prime, Digital Equipment, Data General, Sanders, Gerber, etc.

FONTE: MERRIL LYNCH, in Data News. Extra-Automação Industrial
Ano IX nº 244 set/1984, p. 20.

TABELA XVIII
PROPRIEDADE DO CAPITAL DOS USUÁRIOS DE MFCN
- BRASIL - 1980

	%
Nacional	38
Privado	30
Estatat	4
Instituições de Pesquisa	4
Estrangeiro	62

Obs.: As empresas nacionais são aquelas em que mais de 50% do controle acionário é de capital nacional.

FONTE: TAUILE, J.R. Microelectronics, Automation and Economic Development: The Case of Numerically Controlled Machine-Tools in Brazil - PhD Thesis New School For Social Research - Abril/1984, p. 60.

TABELA XIX

DISTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS DE MFCN POR TAMANHO DA EMPRESA
(Número de Empregados)

	1980 (*) (% das usuárias)	1983 (**) (% das usuárias)
Até 99 empregados	7	13
100-499 empregados	22	41
500-1000 empregados	24	46
+ de 1000 empregados	42	

(*) Brasil

(**) Estado de São Paulo, que tinha em 1983, 74,5% dos usuá-
rios de MFCN do País.

FONTE: 1980 - TAUILE, J.R. - "Microelectronics ...", op. cit.
p. 61.

1983 - LEITE, E.M. et alii - Automação Microeletrônica
na Indústria: Subsídios à Pesquisa - SENAI/SP,
dez/1984, p. 29-30.

TABELA XX
 USUÁRIOS DE MFCN SEGUNDO GÊNERO DA INDÚSTRIA

	1980 (*)	1983 (**)
Mecânica	66,0	48
Material de Transporte	16,6	21
Metalurgia	7,0	10
Matéria Elétrica e de Comunicação	5,0	13
Outros (***)	5,6	8
Total	100,0	100

(*) Brasil

(**) Estado de São Paulo

(***) Inclui Instituições de Pesquisa

FONTE: 1980 - TAUILE, J.R. - "Microelectronicis ...", op. cit.,
 p. 62.

1983 - LEITE, E.M. et alii, op. cit., p. 30.

TABELA XXI
 PRODUÇÃO DE MFCN POR FABRICANTE
 BRASIL

Empresa	1984		1985	
	Unid.	(%)	Unid.	(%)
<u>Romi</u>	101	39,1	120	30,0
Index	48	18,6	66	16,5
Traub	36	13,9	54	13,5
Wotan	18	7,0	40	10,0
Thyssen-Hüller	3	1,2	17	4,3
Heller	12	4,7	16	4,0
Engrenasa	8	3,1	10	2,5
Montra	4	1,6	--	--
<u>Zema</u>	1	0,4	25	6,3
Pittler	8	3,1	15	3,8
<u>IBH</u>	8	3,1	12	3,0
Grob	6	2,3	15	3,8
Brevet & Burkhardt	3	1,2	8	2,0
<u>Bonelli</u>	2	0,8	1	0,3
Total	258	100,0	400	100,0

Obs.: As empresas com nome grifado são nacionais, sendo as de mais subsidiárias alemãs.

FONTE: STEMMER, E.C., op. cit., p. 4.

TABELA XXII

EMPRESAS COM SISTEMAS PRÓPRIOS DE CAD DE MÉDIO E GRANDE

PORTE POR SETOR DE ORIGEM

(1985)

Setor	Número de Empresas	%
Máquinas e Equipamentos Industriais	7	15
Material de Transporte	13	28
Eletrônica	10	21
Têxtil	1	2
Serviços de Engenharia	2	4
Bureaux de Informática	2	4
Instituições de Ensino e Pesquisa (*)	10	21
Outros	2	4
Total	47	100

(*) Públicas e Privadas.

FONTE: LAPLANE, M.F., op. cit., p. 10.

TABELA XXIII

EMPRESAS COM SISTEMAS PRÓPRIOS DE CAD DE MÉDIO E GRANDE
 PORTE POR ORIGEM DO CAPITAL
 (1985)

Origem do Capital	Número de Empresas	%
Empresas estrangeiras	14	30
Empresas nacionais	23	49
Órgãos do Governo e Instituições Públicas de Ensino e Pesquisa	9	19
Instituições Privadas de Ensino e Pesquisa	1	2
Total	47	100

FONTE: LAPLANE, M.F., op. cit., p. 9.

TABELA XXIV
EXPORTAÇÕES TOTAIS E DE MANUFATURADOS
1965/80

(Em milhões de dólares)

	Total Export. Valor (100%)	Export. Industriais Valor	(%)	Export. Semimanuf. Valor	(%)	Export. Manufat. Valor	(%)
1965	1.595	284	17,8	154	9,7	130	8,1
1968	1.881	381	20,3	178	9,5	203	10,8
1970	2.739	665	24,3	249	9,1	416	15,2
1973	6.199	2.008	32,4	574	9,3	1.434	23,1
1975	8.670	3.434	39,6	849	9,8	2.584	29,8
1978	12.659	6.504	51,4	1.421	11,2	5.083	40,2
1980	20.132	11.384	56,0	2.343	11,6	9.041	44,9

Taxa de Crescimento Anual
(Média Anual - %)

1965-70	11,4	18,6	10,1	26,8
1970-75	25,9	38,9	27,8	44,0
1975-80	18,4	27,1	22,5	28,4

FONTE: PEÑALVER, M. et alii - Política Industrial e Exportação de Manufaturados do Brasil - Banco Mundial/FGV - RJ - 1983.

TABELA XXV

PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS TRANSNACIONAIS NA EXPORTAÇÃO
DE PRODUTOS MANUFATURADOS

Gêneros das Indústrias	Em Percentagem	
	1969	1978
Minerais Não-Metálicos	77,8	30,5
Metalurgia	29,0	16,9
Mecânica	78,0	55,8
Material Elétrico	64,6	76,7
Material de Transporte	72,7	67,9
Madeira	3,5	12,2
Mobiliário	17,7	-
Papel e Cartolina	6,1	22,6
Borracha	78,2	80,6
Couro	18,4	21,5
Química	18,6	18,4
Produtos Farmacêuticos	78,9	65,9
Perfumaria	-	11,9
Plásticos	89,0	17,3
Têxtil	11,8	24,6
Vestuário	6,5	1,8
Produtos Alimentícios	-	23,3
Bebidas	-	28,1
Fumo	-	-
Editorial e Gráfica	-	1,5
Diversos	23,3	26,5
Total	43,3	37,2 (42,0) (*)

(*) participação se excluídos os gêneros de alimentos, bebidas e fumo.

Obs.: A empresa transnacional é aquela onde a participação do investidor estrangeiro é igual ou superior a 25%.

FONTE: ZONINSEIN, J. - Política Industrial, "Joint-Ventures" e Exportações: A Experiência Brasileira - Texto para Discussão nº 79 - IEI/UFRJ - 1985, p. 8.

TABELA XXVI
 EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE MANUFATURADOS
 1970/79

Setor	Em milhões de dólares					
	1970		1975		1979	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Produtos Alimentícios, Processados, Bebidas, Fumo	1.448,2	75,0	3.249,5	56,6	5.721,9	46,9
Têxteis, Vestuários, Produtos de Couro	71,3	3,7	660,3	11,5	1.360,8	11,2
Madeira, Produtos de Madeira	107,4	5,6	151,7	2,6	294,1	2,4
Papel, Editorial	8,7	0,5	76,0	1,3	322,2	2,6
Produtos Químicos	62,0	3,2	323,6	5,6	779,2	6,4
Produtos de Minerais Não-Metálicos	10,4	0,5	44,0	0,8	106,5	0,9
Metais Básicos	103,8	5,4	204,0	3,6	879,6	7,2
Produtos Metálicos, Mecânica	105,6	5,5	984,7	17,1	2.652,3	21,8
Outros Manufaturados	11,7	0,6	49,7	0,9	71,0	0,6
Total	<u>1.929,1</u>	<u>100,0</u>	<u>5.743,5</u>	<u>100,0</u>	<u>12.187,6</u>	<u>100,0</u>

Obs.: O conceito de produto manufaturado nesta Tabela corresponde à classificação ISIC, que é mais ampla que a adotada pela NBM ao incluir alguns produtos semiprocessados, conduzindo a uma superestimativa dos setores de atividade primários.

FONTE: BANCO MUNDIAL/ONU - in PEÑALVER, M. et alii, op. cit., p. 117.

TABELA XXVII
 CONTRIBUIÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE MANUFATURADOS
 AOS TERMOS DE TROCA - 1960/78
 (1970 = 100)

Anos	Termos de Troca	
	Setor Industrial (*)	Brasil
1960/62	77,2	89,0
1963/66	87,4	92,0
1967/70	94,7	91,4
1971/74	123,5	96,4
1975/78	126,0	97,7

(*) Proporção entre os índices de preços das exportações e importações das mercadorias industriais, supondo que o setor industrial absorve a maior parte dos insumos importados.

FONTE: NEVES, R.B. - Exportações e Crescimento Industrial no Brasil - IPEA - Monografia nº 33 - RJ - 1985 - p. 123.

TABELA XXVIII
IMPORTAÇÕES DE TECNOLOGIA E BENS DE CAPITAL
1966-1979

Ano	Importações de Tecnologia (*)		Import. de Bens de Capital (**)		Import. de Tecnol./ Importação de Bens de Capital (%)
	Valor (US\$ milhões)	Índice	Valor (US\$ milhões)	Índice	
1966	46	100	366	100	12,6
1967	63	137	459	125	13,7
1968	70	152	625	171	11,2
1969	91	198	738	202	12,3
1970	104	226	946	258	11,0
1971	132	282	1.288	352	10,2
1972	154	335	1.806	493	8,5
1973	166	361	2.196	600	7,6
1974	212	461	3.208	877	6,6
1975	311	676	3.992	1.091	7,8
1976	362	787	3.738	1.021	9,7
1977	513	1.115	3.252	889	15,8
1978	591	1.285	3.753	1.025	15,7
1979	782	1.700	3.975	1.087	19,7

(*) Inclui serviços diversos, administração, assistência técnica, patentes, royalties e aluguéis.

(**) Inclui automóveis, que têm participação desprezível na pauta de importações.

FONTE: PEÑALVER, M. et alii - op. cit., p. 154.

TABELA XXIX

BRASIL - PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE VEÍCULOS
(1972-80)

(US\$ milhões)

Ano	Produção (mil unid.)	Percentagem Exportada	Produção de Automov. de Passeio (mil unid.)	Percentagem Exportada
1972	616,2	2,2	407,4	1,6
1973	759,3	3,2	475,3	2,6
1974	898,8	7,2	529,4	4,7
1975	930,9	7,8	524,9	6,9
1976	975,5	8,2	524,8	5,3
1977	921,1	7,6	466,4	9,6
1978	1.066,9	9,0	536,7	11,3
1979	1.120,5	9,4	545,7	8,6
1980	1.137,4	13,8	580,1	10,4

FONTE: ANFAVEA, citado em PEÑALVER, M. et alii, op. cit., p.72.

TABELA XXX

EXPORTAÇÕES DAS MONTADORAS (*) DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

POR CATEGORIA DE USO E POR GRUPO DE PAÍSES,

CONFORME O GRAU DE INDUSTRIALIZAÇÃO

1973/1981

País Categoria de Uso	Industrializado	Semi Industrializado	Não Industrializado	Total
Partes	278.437 (48,7) (16,6)	155.369 (27,2) (16,2)	138.310 (24,2) (4,8)	572.116 (100) (10,3)
Partes p/Capital	1.076.231 (77,9) (64,0)	238.181 (17,2) (24,9)	66.679 (4,8) (2,3)	1.381.091 (100) (25,0)
Duráveis	7.969 (0,6) (0,5)	261.530 (18,6) (27,3)	1.135.033 (80,8) (39,2)	1.404.532 (100) (25,4)
Capital Seriado	295.541 (14,4) (17,6)	262.096 (12,7) (27,4)	1.498.990 (72,9) (51,8)	2.056.627 (100) (37,2)
Outros	23.764 (20,0) (1,4)	40.242 (33,9) (4,2)	54.843 (46,1) (1,8)	118.849 (100) (2,1)
Total	1.681.942 (30,4) (100)	957.418 (17,3) (100)	2.893.855 (52,3) (100)	5.533.215 (100) (100)

(*) Exclui A FIAT - Automóveis

FONTE: OLIVEIRA Fº, G.J. - op. cit., Tabela 6.6. - Vol. II, com base em tabulações especiais da CACEX.

QUADRO I
EMPRESAS COM PROJETOS APROVADOS NA ÁREA DE ROBÓTICA
(1985)

Empresas	Projeto
<u>1. Tecnologia Licenciada no Exterior:</u>	
Villares	Fabricação de Robôs
Mentat (Grupo Mangels)	Fabricação de Robôs
D.F. Vasconcellos/Prólogo	Fabricação de Robôs
MCS/Taunus	Fabricação de Robôs
<u>2. Tecnologia Própria</u>	
CTL	Desenvolvimento de Sistema Controlador
Atos	Desenvolvimento de Sistema Controlador
BCM/Engemaq	Integração e fabricação de Robôs
Mixertech	Integração e fabricação de Robôs
Petersen	Integração e fabricação de Robôs
Engesa	Desenvolvimento de Robôs
Zivi	Desenvolvimento de Robôs
Servus	Desenvolvimento de Robôs
EB	Desenvolvimento de Robôs
Sulmecânica	Desenvolvimento de Robôs
All Sistemas	Desenvolvimento de Robôs
Blump/Vigorelli	Desenvolvimento de Robôs

FONTE: LAPLANE, M.F., op. cit., p. 42, com base em STEMMER, C.E. op. cit.; Informática Hoje, 25/06/85; entrevistas com fabricantes e técnicos do setor.

QUADRO II

PROJETOS APROVADOS PARA FABRICAÇÃO DE ROBÔS UNIVERSAIS
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Empresa	Modelo	Número de Eixos	Capacidade de Carga	Principais Aplicações
Villares	RV-6060 (Hitachi M-6060)	6	6 kg	Solda a arco; corte a laser; montagem ; pintura; colagem; manipulação de peças (alimentação de máquinas).
Mantat (*)	R-3 (Manutec R-3)	6	15 kg	Solda a arco; colagem; rebarbação; monta gem; pintura; alimentação de máquinas ; corte a laser ou plasma; medição e teste
D.F. Vasconcellos/ Prólogo	IRD 6 (Asea)	6	6 kg	Solda a arco
	IRD 90 (Asea)	6	80-90 kg	Solda a ponto
MCS/Taunus (**)	V-15 (Reis)	6	15 kg	Solda a ponto e solda a arco; montagem
	H-15 (Reis)	6	15 kg	Solda a ponto e solda a arco; montagem
	RR-625 (Reis)	6	40 kg	Alimentação de máquinas; empilhamento de produtos e peças
	RR-650 (Reis)	6	50-60 kg	Alimentação de máquinas; empilhamento de produtos e peças

(*) Projeto Adiado.

(**) Projeto Cancelado.

FONTE: LAPLANE, M.F. - op. cit., p. 49, com base em: STEMMER, C.E. - op. cit.

Data News - Edição Extra sobre Automatização Industrial - novembro de 1985, pp. 20-22.

PROJETOS APROVADOS PARA DESENVOLVIMENTO/FABRICAÇÃO DE ROBÔS COM TECNOLOGIA NACIONAL

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Empresa	Modelo	Número de Eixos	Capacidade de Carga	Principais Aplicações
BCM/Engemaq	LK	5	10 kg	Manipulador pneumático para injetoras de plástico
	--	5	--	Manipulador pneumático para injetoras de plástico
	EB-1085A	5	--	Carga e descarga de máquinas
	EB-2085	6	--	Pintura
Mixertech	--	3	50 kg	Manipulador tipo "pick and place"; movimentação de materiais
Petarsen	EG-500	-	--	Manipulador pneumático para injetoras de plástico
	CR-L	6	--	Robô para retirada de moldes de injetoras de plástico
Engesa (*)	--	5	70 kg	Solda, a ponto e a arco
Zivi	--	3	2,5 kg	Manipulador tipo "pick and place" para descarga de máquina
Servus	SRR	3	70 kg	Carga e descarga de máquina; pintura; solda
EB	Orbital 600	6	1 kg	Montagem de componentes eletrônicos; injetoras de plásticos, pintura, solda a ponto.
Sulmecânica	--	3	10 kg	Manipulador hidráulico para retíficas
	--	4	15 kg	Manipulador elétrico para retíficas
	--	6	20 kg	Manipulador hidráulico para retíficas
All Sistemas	--	2	--	Movimentação de Materiais
Blump/Vigorelli (*)	--	3	--	Movimentação de Materiais
	--	6	--	Movimentação

(*) projetos cancelados.

FONTE: LAPLANE, M.F. - op. cit., p. 52, com base em: STEMMER, C.E. - op. cit.;

Data News - Edição Extra, op. cit.; entrevistas com fabricantes e técnicos.

Tipo de Sistema/Empresa	Projeto
<u>I. Sistemas de Médio e Grande Porte (*)</u> :	
Villares	Integração de Sistema de Computação Gráfica
A. Donato	Integração de Sistema de Computação Gráfica
Sisgraph	Integração e Fabricação de Sistema de Computação Gráfica
Compugraf	Integração e Fabricação de Sistema de Computação Gráfica
Multicad	Integração e fabricação de Sistema de Computação Gráfica
Edisa	Integração e fabricação de Sistema de Computação Gráfica
<u>II. Sistemas de Pequeno Porte (**)</u> :	
<u>II.1. Tecnologia licenciada no Exterior (***)</u> :	
Comicro	Integração de Sistema de Computação Gráfica
Mentat	Integração de Sistema de Computação Gráfica
Exacta	Integração de Sistema de Computação Gráfica
<u>II.2. Tecnologia Nacional:</u>	
Smar	Desenvolvimento de Sistema de Computação Gráfica
Itautec	Desenvolvimento de Sistema de Computação Gráfica
Splice	Desenvolvimento de Sistema de Computação Gráfica
<u>III. Periféricos e Softwares:</u>	
Mega Systems	Desenvolvimento de Terminal Gráfico
Datacal	Desenvolvimento de Mesa Digitalizadora e de Plotter
Digicon	Desenvolvimento de Mesa Digitalizadora e de Plotter
STI	Desenvolvimento de Mesa Digitalizadora e de Plotter
Matrixar	Desenvolvimento de Software
Tecnema	Desenvolvimento de Software

(*) Baseados em computadores de grande porte, minicomputadores de 32 bits ou em estações de trabalho de 32 bits.

(**) Baseados em microcomputadores de 8 ou de 16 bits.

(***) Somente para o SFW.

PONTE: LAPLANE, M.F. - op. cit., p. 15.

QUADRO V
 PROJETOS APROVADOS PARA SISTEMAS DE CAD DE
 MÉDIO E GRANDE PORTE

Empresa	Origem da Tecnologia	
	Software	Estação de Trabalho
Sisgraph	Intergraph	Intergraph
Compugraf	Scicards-Matra	Scientific Calculation
Multicad	Calma/GE	Apollo (*)
Edisa	Hewlett-Packard	Hewlett-Packard
A. Donato	Shipping Research Services/Autokon	--
Villares	CDC	--

(*) acordo de licenciamento não se efetivou

FONTE: LAPLANE, M.F. - op. cit., p. 19.

QUADRO VI

NÚMERO DE FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PESADOS SELECIONADOS
NO BRASIL E NOS PRINCIPAIS PAÍSES DESENVOLVIDOS

Equipamento	Fabricante por País
Turbinas	Brasil (4); Japão (3); RFA e Suécia (2); Suíça, EUA, França, Canadá, Áustria e Itália (1).
Hidrogeradores	Brasil e Japão (4); EUA (3); RFA e França (2); Canadá, Suécia, Suíça e Inglaterra (1).
Laminadores	Brasil (7); EUA, RFA e Japão (3); França, Itália e Inglaterra (1).
Altos-Fornos	Brasil e Japão (4); RFA (3); EUA, França e Inglaterra (1).
Sinterização	RFA (3); Brasil, EUA e Japão (2); Áustria, França e Inglaterra (1).
Lingotamento Contínuo	Brasil e Japão (4); EUA, RFA, França e Inglaterra (2); Itália (1).
Aciaria	Brasil (4); EUA, RFA e Japão (3); Inglaterra, França e Áustria (1).
Prensas Mecânicas de Porte	Brasil (5); EUA e RFA (2); Itália (1).

FONTE: TADINI, V. - op. cit., p. 21.