

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

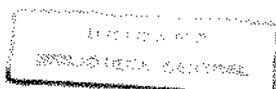
Instituto de Economia

**CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NA INDÚSTRIA  
DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS DO RIO GRANDE DO SUL**

**MARIA CRISTINA ARAUJO PASSOS**

**Tese de Doutorado em Economia apresentada  
ao Instituto de Economia da Universidade Estadual  
de Campinas, sob a orientação do Prof. Dr. Mariano  
Francisco Laplane.**

**Campinas, 1996**



*Este exemplar corresponde  
ao original da sua defesa  
por Maria Cristina  
Araujo Passos em 22/05/96 e  
orientado pelo Prof. Dr. Mariano  
Francisco Laplane.  
CPS/IE, 22/05/96*

*1996*

UNIDADE	BC
N.º CHEQUEADA:	7/UNICAMP
	P268c
V.	5
F.º	27562
C.º	667196
	0 0   x
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	02/05/96
N.º CPD	

CM-00087554-4

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO  
CEDOC/IE/UNICAMP

P268c

Passos, Maria Cristina Araujo  
Capacitação tecnológica na indústria de máquinas-  
ferramentas do Rio Grande do Sul / Maria Cristina  
Araujo Passos. - Campinas, SP : [s.n.] , 1996.

Orientador: Mariano Laplane  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campi-  
nas. Instituto de Economia.

1. Máquinas-ferramenta - Indústria - Rio Grande  
do Sul. I. Laplane, Mariano. II. Universidade Esta-  
dual de Campinas. Instituto de Economia. III.  
Título.

## ÍNDICE

### AGRADECIMENTOS

INTRODUÇÃO	1
1- AS INOVAÇÕES DE PRODUTO E DE PROCESSO	19
1.1- Máquinas-ferramentas e sua operação	21
1.2- As inovações de produto	28
1.3- O processo de fabricação	45
2- A INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS	52
2.1- A indústria nos países desenvolvidos	54
2.1.1- As modificações na estrutura da indústria	55
2.1.2- O desempenho da indústria	71
2.2- A indústria brasileira de máquinas-ferramentas	82
2.2.1- Estrutura da indústria	83
2.2.2- O desempenho da indústria	99
2.2.3- A política industrial para o setor	117
3- A INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS DO RIO GRANDE DO SUL	125
3.1- Caracterização da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul	127
3.2- Critérios de escolha e descrição das empresas selecionadas	135
3.2.1- Empresas selecionadas no Rio Grande do Sul	135
3.2.2- Empresas selecionadas em São Paulo	141
3.3- A capacitação tecnológica em empresas selecionadas	144
3.3.1- Capacitação tecnológica em produção	150
3.3.1.1- Processo de fabricação	151
3.3.1.2 - Produto	180
3.3.2- Capacitação em pesquisa e desenvolvimento	191
4- AS CONDUTAS EMPRESARIAIS DAS EMPRESAS SELECIONADAS	199
4.1- Estratégias empresariais	205
4.1.1- Estratégias de produção	207
4.1.2- Estratégias de financiamento	223
4.2- Desempenho	231

CONCLUSÃO	242
ANEXO I	258
ANEXO II	261
BIBLIOGRAFIA	268

## **Agradecimentos**

Gostaria de manifestar meus agradecimentos à Fundação de Economia e Estatística por ter me propiciado as condições para realizar esta pesquisa e, especialmente, ao Núcleo de Estudos Industriais onde, ao longo dos diversos estudos desenvolvidos nos últimos cinco anos e, particularmente, da pesquisa Competitividade e Inovação na Indústria Gaúcha, tive a oportunidade de apresentar e discutir as questões desenvolvidas nesta tese.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mariano Laplane, agradeço pela compreensão e, sobretudo, pela leitura atenta e comentários relevantes para a conclusão deste trabalho.

Agradecimento especial faço ao Prof. Dr. José Carlos Miranda, que acompanhou as fases iniciais da elaboração deste estudo, contribuindo com suas críticas e sugestões.

Por muitos e úteis comentários, críticas e sugestões, agradeço à Clarisse, Rubinho, Lucrécia, André, Anete, Denise, Sílvia, Daisy e Fernanda, colegas do Núcleo de Estudos Industriais/FEE. Gostaria de registrar, ainda, meus agradecimentos à Vânia e à Luciana, estagiárias do NEI/FEE, que auxiliaram na organização das informações utilizadas no trabalho.

Por fim, agradeço aos meus filhos, Rogério, Alberto e Ana Paula, que, em circunstâncias distintas, me ajudaram a atravessar as dificuldades no percurso de elaboração desta tese.

## Introdução

A indústria de máquinas-ferramentas produz máquinas que são utilizadas em todas as atividades que compõem o complexo eletromecânico. Tais atividades englobam a fabricação de produtos metálicos, máquinas não elétricas, máquinas elétricas, material de transporte e instrumentos de precisão. Esses produtos representam uma parcela significativa da produção industrial dos principais países desenvolvidos, bem como dos países de industrialização recente. As máquinas-ferramentas participam direta ou indiretamente da fabricação da maioria dos produtos manufaturados, ao produzirem tanto os equipamentos por meio dos quais os produtos são fabricados como também os próprios produtos.

Desde meados dos anos 70, os progressos na microeletrônica determinaram avanços tecnológicos significativos na indústria de máquinas-ferramentas dos países avançados, cuja expressão mais visível foi a incorporação do comando numérico às máquinas. Essa inovação, que permite associar flexibilidade, automação, precisão e integração dos sistemas produtivos, redefiniu radicalmente a indústria, abrindo grandes possibilidades para o crescimento da produtividade e para o desenvolvimento de novos produtos e mercados. Em decorrência da profunda reestruturação e do conseqüente rejuvenescimento da indústria de máquinas-ferramentas, o enfrentamento das empresas no mercado passou a se dar sob novas formas, com a incorporação de novas tecnologias

assumindo um papel importante para o aumento das vantagens competitivas das empresas.

No que tange aos países de industrialização recente, notadamente os latino-americanos, a despeito da importância adquirida pelos segmentos industriais produtores de bens de produção nas últimas décadas, as mudanças tecnológicas engendraram um grande desafio para as empresas do setor. De um modo geral, as firmas nesses países foram concebidas para trabalhar com tecnologias maduras e amplamente difundidas, que não exigem grandes esforços de capacitação tecnológica, uma vez que elas próprias já detêm um certo nível de conhecimento acumulado necessário às rotinas de fabricação. Ademais, fatores exógenos às empresas - como a proteção ao mercado interno mediante políticas cambial e tarifária, os mecanismos de proteção não tarifária, a concessão de subsídios e outras formas de ajuda governamental - permitiram a manutenção da rentabilidade, sem o recurso à capacitação tecnológica das próprias firmas, visando aumentar a produtividade e a qualidade de seus produtos fabricados.<sup>1</sup>

Em tal contexto, a crise econômica brasileira dos anos 80 acrescentou novos fatores que realçariam a fragilidade das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no país, seja para acompanhar o progresso técnico das regiões avançadas, seja para

---

1 Para uma análise detalhada desses aspectos, ver Fajnzylber (1983) e Perez (1989).

manter a posição no ranking mundial de produtores ou, ainda, para enfrentar o acirramento da concorrência no mercado interno a partir da abertura do mercado nos primeiros anos da década de 90. Dentre esses fatores, cabe mencionar os decorrentes:

- a) das políticas macroeconômicas adotadas para fazer frente à crise, que tiveram um grande impacto sobre o nível de investimento e, portanto, sobre a demanda do setor;
- b) da crise fiscal e da própria recessão do mercado, que determinaram a redução do volume de recursos disponíveis para o financiamento das vendas, dos investimentos produtivos e das atividades no campo do desenvolvimento científico e tecnológico; e
- c) da desarticulação gradativa da política industrial adotada na década anterior sem a criação de novos instrumentos que apoiassem a reestruturação do setor. O desmonte da estrutura de incentivos fiscais e de subsídios fiscais e creditícios, ao longo dos anos 80, e do aparato de proteção comercial ao mercado interno nos primeiros anos da década de 90 - ou seja, dos pilares básicos da política industrial dos anos 70 - privou as empresas de um dos mecanismos de manutenção de rentabilidade utilizado até então.

Diante desse quadro, a reação das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Brasil não ocorreu de forma homogênea,

pois tanto as estratégias para enfrentar a recessão e a abertura de mercado como os esforços para se adequar ao direcionamento técnico-produtivo do setor ao longo da nova trajetória tecnológica refletiram, em grande medida, as diferenças existentes entre as firmas. Ou seja, a reação de cada uma das empresas foi condicionada por aspectos relativos ao tamanho, à propriedade do capital, ao conhecimento tecnológico acumulado ao longo do tempo e às próprias condições financeiras das mesmas. Essas questões são de fundamental importância para a compreensão das diferenças relativas entre a indústria de máquinas-ferramentas do Brasil e a dos países desenvolvidos e, principalmente, entre a de São Paulo e a do Rio Grande do Sul.

As empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do Brasil estão localizadas, em sua maioria, em São Paulo (cerca de 86%) e no Rio Grande do Sul (aproximadamente 10%). No primeiro estado, encontram-se as principais empresas do setor, tanto as de capital nacional quanto as subsidiárias de empresas estrangeiras. Já no Rio Grande do Sul, as empresas são de menor porte, não podendo ser consideradas líderes nos segmentos de mercado em que atuam. A origem do capital dessas empresas é nacional, com exceção de uma que é de propriedade estrangeira. Ademais, nesse estado, os produtos fabricados são menos diversificados e de menor complexidade tecnológica.

O objetivo deste trabalho é analisar a capacidade das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte localizadas

no Rio Grande do Sul, para incorporar as inovações de produto e de processo geradas no complexo eletrônico. Não se trata, portanto, de uma tentativa de medir a defasagem e/ou a atualização tecnológica do setor em relação às tecnologias de produto e de processo mais modernas num determinado ponto do tempo, mas, sim, de examinar a capacidade dessas firmas para acumular, de forma dinâmica, conhecimento tecnológico que lhes possibilite evoluir desde a cópia, a aquisição e a utilização de tecnologias externas até a geração endógena de inovações que lhes permitam a fabricação de novos produtos ou o aprimoramento dos processos produtivos. Adicionalmente, neste estudo pretende-se verificar as diferenças e/ou similaridades existentes entre esse processo de adequação tecnológica das empresas instaladas no Rio Grande do Sul e o experimentado por aquelas que se localizam em São Paulo.

O argumento central deste trabalho é que a capacitação tecnológica das firmas - que está associada à acumulação de novos conhecimentos e habilidades - em grande medida condiciona a transferência de tecnologias e o ritmo de incorporação das inovações, ao mesmo tempo em que contribui para o desempenho produtivo e competitivo das empresas no mercado. São as decisões tomadas na própria empresa que moldam esse processo. Isso não significa, no entanto, que tais decisões estejam isentas de influências do ambiente em que a empresa atua, mas que a empresa tem o poder de decidir qual o melhor caminho a ser percorrido, considerando sua história, o conhecimento acumulado e as próprias

rotinas tecnológicas e de produção utilizadas até então. Dessa forma, as vantagens competitivas que as firmas dispõem em um determinado período - detectadas por meio de análise dos seus desempenhos de mercado - resultam da capacitação acumulada ao longo do tempo e das estratégias adotadas em função do processo concorrencial e do ambiente econômico em que estão inseridas. O grau de capacitação tecnológica das firmas é, portanto, o elemento fundamental para se entender as assimetrias existentes entre as firmas da indústria, bem como o distanciamento existente entre a indústria brasileira e a dos países desenvolvidos.

O trabalho está organizado em quatro capítulos. Os dois primeiros têm como objetivo fornecer um quadro de referência para análise posterior da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul.

Inicialmente, no Capítulo 1, é feita a descrição dos produtos e dos processos de fabricação da indústria de máquinas-ferramentas. Nessa descrição, utilizam-se alguns termos técnicos com o intuito de esclarecer tanto o funcionamento das máquinas-ferramentas como as modificações tecnológicas experimentadas por esses equipamentos ao longo do tempo. Por ser grande usuária das máquinas que fabrica, as modificações tecnológicas nos produtos da indústria em questão implicaram alterações no seu processo de fabricação, que são examinadas no último item do capítulo. A ênfase dada às modificações ocorridas nos produtos permitiu que se traçasse um quadro geral das trajetórias tecnológicas da

indústria em questão, bem como da atual fronteira tecnológica estabelecida pelo processo de inovação. Deve-se ressaltar que, sendo essa fronteira definida no exterior, quaisquer deslocamentos podem representar grandes descontinuidades em termos de concepção de produto e processo para as empresas brasileiras fabricantes de máquinas-ferramentas. Dessa forma, a incorporação das inovações tecnológicas por parte dessas empresas requer o desenvolvimento de novos conhecimentos e habilidades, de forma a ampliar o nível existente de capacidades tecnológicas.

No Capítulo 2, discorre-se sobre a indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e no Brasil. Em primeiro lugar, examinam-se as modificações na estrutura da indústria nos países avançados decorrentes, em grande medida, do rápido processo de difusão de inovações a partir de meados dos anos 70. Segue-se uma análise do desempenho da indústria em questão nos principais países fabricantes de máquinas-ferramentas, que revela os caminhos percorridos por cada um para se adequar a uma nova base técnica e para conquistar (ou não) maiores espaços no mercado mundial. O exame da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, que é feito nas últimas partes do capítulo, procura mostrar os principais aspectos relacionados à estrutura da indústria, que, associados às condições macroeconômicas adversas, obstaculizaram o processo de difusão de inovações ao longo dos anos 80.

No Capítulo 3 aborda-se, especificamente, o segmento da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul fabricante de máquinas-ferramentas de corte. Com base na pesquisa de campo realizada junto às empresas selecionadas, apresenta-se um mapeamento das ações implementadas pelas empresas gaúchas na busca de novos conhecimentos e habilidades. Desta forma, examina-se o processo de aprendizado que amplia o estoque de capacidades tecnológicas existente em cada firma. Concomitantemente, é feita uma avaliação das características fundamentais dos esforços de busca realizados pelas firmas gaúchas em relação às empresas selecionadas em São Paulo, a partir de meados dos anos 80, para se adequarem ao direcionamento técnico-produtivo do setor ao longo do paradigma vigente e das trajetórias dominantes.

No Capítulo 4, completa-se a investigação com a análise das condutas empresariais das empresas selecionadas. Inicialmente, analisam-se as estratégias adotadas pelas firmas gaúchas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte frente à profunda retração do mercado interno e à maior exposição a concorrência de produtos importados decorrente da política de liberalização comercial adotada no país no início da presente década. A seguir, examinam-se os resultados obtidos por essas empresas em termos de eficiência e de desempenho produtivo. Da mesma forma que no capítulo anterior, são feitas algumas considerações referentes às empresas consultadas em São Paulo com o objetivo de serem detectadas as similaridades e, sobretudo, as diferenças existentes entre os dois grupos de empresas selecionadas.

O desenvolvimento deste trabalho requer, inicialmente, algumas considerações a respeito das formas de difusão de tecnologia e da importância da capacitação tecnológica das firmas para acompanharem os avanços tecnológicos. Não se pretende aqui fazer uma revisão da extensa bibliografia que versa sobre o tema, mas simplesmente revisar alguns conceitos relativos às noções de difusão de tecnologia, capacidade tecnológica e processo de aprendizado, que servirão de referência para as questões tratadas ao longo deste trabalho.

A velocidade com que as novas tecnologias têm se propagado no tecido industrial e a amplitude de seus efeitos sobre as diversas atividades fazem com que a noção de difusão adquira uma importância fundamental para o entendimento do processo de crescimento e de transformações na economia, das diferenças interindustriais e das assimetrias entre firmas e países.

Entende-se por difusão de tecnologia tanto o uso mais extensivo da inovação por parte do inovador (firma) original como a sua adoção pelos demais usuários. A inovação não é um evento isolado, sua importância está diretamente relacionada à magnitude do movimento de sua propagação entre as demais atividades.<sup>2</sup> Como afirma Quélin (1991), a noção de difusão está implícita nos conceitos de invenção, de inovação e de progresso técnico.

---

<sup>2</sup> Lundvall (1988, p.350) utiliza os termos "processo inovativo" ou "atividades de inovação" para indicar que a tradicional separação entre descoberta, invenção, inovação e difusão possui limitada relevância.

Ademais, a difusão é um processo competitivo de seleção entre velhas e novas tecnologias ou, em outras palavras, entre técnicas ou produtos complementares ou substitutos. Assim, está estreitamente vinculada ao processo de transformação industrial, representando os momentos de ruptura e de ajuste da estrutura técnica e econômica da indústria.<sup>3</sup> O processo inovativo deve ser, portanto, analisado num contexto mais geral, como parte integrante do processo de concorrência intercapitalista.<sup>4</sup>

A noção de difusão de tecnologia, tomada em seu sentido mais amplo e rico para explicar as transformações ora em curso, deve incluir todas as ações empreendidas pela firma para explorar os benefícios econômicos da inovação.<sup>5</sup> Não se reduz, portanto, à incorporação de uma nova máquina ou de novos bens intermediários no processo de fabricação, mas abrange, também, todas as ações empreendidas pelas firmas para adaptar a tecnologia às suas necessidades, que vão desde a reorganização do processo de trabalho e dos fluxos de materiais até os aperfeiçoamentos das práticas gerenciais. Trata-se, portanto, de "(...) um processo

---

3 As fases de ruptura são caracterizadas pela difusão de inovações primárias, as quais "(...) alteram radicalmente a concepção da base técnica em vigor e inauguram um processo schumpeteriano de destruição criadora". Já nas fases de ajuste predominam as chamadas inovações secundárias que "(...) são destinadas a elevar a eficiência das rotinas produtivas vigentes ou ampliar o escopo dos princípios ordenadores da base técnica" (ARAUJO JR., 1985, p.17). Com o mesmo sentido, outros autores utilizam a denominação de inovações radicais e inovações incrementais.

4 A esse respeito, ver Dosi (1984, seções 2.1 e 2.2).

5 Essa idéia de difusão de tecnologia é apresentada em OCDE (1992).

pelo qual o conhecimento e as aptidões técnicas são difundidas na economia" (OCDE, 1992, p.42).

Conforme OCDE (1992), pode-se distinguir duas formas de difusão de tecnologia. A primeira refere-se àquela que se efetua através da compra de máquinas, equipamentos ou componentes que incorporam novas tecnologias, estando diretamente relacionada às decisões de investir das firmas e às estratégias adotadas em função do processo concorrencial e do ambiente econômico em que estão inseridas. A segunda caracteriza-se pela propagação do conhecimento através de outros canais distintos dos investimentos em máquinas, equipamentos e componentes, tais como as externalidades que caracterizam o processo inovativo e os *spillovers* entre firmas, setores e tecnologias.<sup>6</sup>

À medida que o conhecimento é desenvolvido pelas atividades de pesquisa e desenvolvimento das firmas, das universidades, dos laboratórios governamentais, etc., torna-se potencialmente disponível para as demais empresas. A transmissão desse conhecimento ocorre através de fluxos de informações de caráter público ou privado, que podem ser tanto formais como informais.

As publicações técnicas e científicas, os seminários, as conferências e os cursos, bem como manuais e publicações que descrevem novos produtos e processos são considerados os

---

6 OCDE (1992) utiliza os termos *research spillovers* e *absorptive capacity by firms* para designar esse tipo de difusão de tecnologia.

principais fluxos de informações de caráter público. Através desses canais, as empresas têm acesso aos avanços científicos e aos princípios aplicativos conhecidos e de uso disseminado que por ela poderão ser absorvidos.

Por outro lado, como parcela do conhecimento tecnológico é privado<sup>7</sup> - seja porque é protegido através de mecanismos legais de proteção (patentes, por exemplo) ou pelo segredo industrial, seja devido ao seu conteúdo tácito e específico às firmas<sup>8</sup> -, diferentes canais tornam-o acessível às demais atividades. Nesse caso, cabe ressaltar a venda do direito ao uso das patentes e os contratos de licenciamento de tecnologia entre firmas. No entanto grande parte desse conhecimento é transmitido através de fluxos informais de informação entre pesquisadores, engenheiros e técnicos, cabendo ressaltar aquele oriundo da mobilidade da mão-de-obra especializada. Pode, ainda, ser o resultado de engenharia reversa realizada por uma empresa nos produtos das firmas rivais.

---

7 Conforme Dosi (1988, p.223-224), o conhecimento utilizado para a solução da maioria dos problemas tecnológicos pode-se apresentar sob diversas formas: público ou privado, universal ou específico, tácito ou formal.

8 Com base nos trabalhos de Nelson & Winter (1977 e 1982), Santos Filho (1991, p.81) esclarece que, por conteúdo tácito do conhecimento, deve-se entender "(...) aqueles elementos do conhecimento que são necessários à utilização minimamente eficiente da tecnologia e que estão incorporados às pessoas ou às rotinas de operação da firma e não podem ser adquiridos ou transferidos via manuais ou outras formas codificadas de transmissão de conhecimento, ou seja, não podem ser explicitados sob a forma de blueprints e, portanto, não podem ser inteiramente difundidos, tanto sob a forma de informação pública quanto de propriedade privada. Do mesmo modo, cada materialização dos princípios da tecnologia assume necessariamente formas concretas distintas - sendo implausível a ubiquidade, no tempo e no espaço, de condições contextuais idênticas - o que lhe confere necessariamente um caráter específico".

Ademais, as *joint ventures*, as fusões, as aquisições, a troca de informações entre usuários e produtores, bem como outras formas de cooperação entre firmas têm se caracterizado como formas eficientes de propagação do conhecimento tecnológico das empresas.

Os elementos tácitos e específicos do conhecimento privado obstaculizam a transferência integral de tecnologia.<sup>9</sup> As informações transmitidas para a firma receptora através dos diferentes canais são, portanto, menos completas do que as incorporadas no conhecimento do agente que transmite.

Ademais, a absorção do conhecimento externo depende das capacidades tecnológicas desenvolvidas pela firma receptora, as quais lhe conferem condições para adquirir, assimilar, usar, adaptar ou mudar a tecnologia gerada em outras firmas ou setores, bem como para criar novas tecnologias. Conforme Dahlman e Ross Larson (1987), tais capacidades são desenvolvidas nas seguintes atividades:

- a) de produção, administração e comercialização;
- b) de investimento;
- c) de inovação.

As firmas tendem a intensificar seus próprios esforços inovativos, a fim de se tornarem aptas a absorver os conhecimentos disponíveis através dos diferentes fluxos de

---

9 A esse respeito, ver Santos Filho (1991), especialmente a seção 2.1.1.

informações e, de uma forma mais geral, acompanharem os avanços tecnológicos e futuros desenvolvimentos. É através do processo de aprendizado que a firma desenvolve tal capacidade. Esse processo normalmente se dá através dos investimentos em P&D e via mecanismos informais de acumulação de conhecimento tecnológico dentro das firmas.

Os gastos em P&D possuem um duplo papel. De um lado, geram novas informações no processo de busca de inovações e aperfeiçoamentos de produtos e processos produtivos, de outro, aumentam a capacidade da firma para identificar, assimilar e explorar o conhecimento de domínio público. Portanto, as atividades de P&D, além de gerarem de inovações, representam um tipo de aprendizado que confere às firmas melhores condições para absorverem os avanços tecnológicos (COHEN e LEVINTHAL, 1989).<sup>10</sup> A importância dos investimentos em P&D reside nesse seu duplo papel, pois, para compreender e assimilar o conhecimento, é freqüentemente preciso uma substancial capacidade de pesquisa, uma vez que a assimilação envolve, usualmente, transformação e adaptação. No caso da indústria de máquinas-ferramentas, isso é particularmente importante, visto que a fabricação das máquinas

---

10 OCDE (1992) refere-se a esse aspecto como "*learning to learn*" ou "*learning by learning*", que se diferencia do "*learning by doing*" como será visto mais adiante. Deve-se ressaltar que os demais investimentos intangíveis (como, por exemplo, aquisição de patentes, licenciamento de tecnologia, treinamento de recursos humanos, *software*, etc.) também desempenham um papel no processo de aprendizado das firmas, o qual pode ser definido como o processo de aquisição de novas habilidades e conhecimentos pelas firmas nos diversos âmbitos de sua atividades (tecnológico, administrativo, de distribuição, marketing, etc.).

freqüentemente atende a especificidades técnicas requeridas pelos usuários, fazendo-se, portanto, necessária uma série de modificações nos projetos originais.

Diferentemente das atividades de P&D, os mecanismos informais de acumulação do conhecimento tecnológico internos às empresas "(...) não envolvem destinação específica de recursos e um formato organizacional definido, mas podem ser de extrema importância no desenvolvimento de novos produtos e processos que já tenham sido incorporados" (POSSAS, 1989, p.170). Conforme a natureza das atividades de cada firma ou a tecnologia envolvida, as formas de aprendizagem podem diferir. Notadamente destacam-se os processos de *learning by doing* e de *learning by using*. O primeiro consiste no desenvolvimento de habilidades na atividade de produção que se traduz na elevação significativa da produtividade e na redução concomitante dos custos unitários. Já o processo de *learning by using* é consequência da utilização de um produto, em particular das máquinas e equipamentos e, mais recentemente, dos complexos produtos de *software*, cuja *performance* pode ser progressivamente atualizada pelos usuários.

Na maior parte das vezes, os processos de aprendizado têm sido estudados no contexto de uma empresa considerada de modo isolado. Entretanto Lundvall (1988) mostra a importância de se considerar as relações entre várias empresas (ou organizações) na análise do processo de aquisição de novas habilidades e conhecimentos pelas firmas e indústrias. O processo de

aprendizado por interação (*learning by interacting*), caracteriza-se por ser um processo coletivo de aprendizado que resulta da cooperação implícita ou explícita entre firmas ou organizações. Uma das dimensões mais importantes é a união que se estabelece entre produtores e usuários de bens tecnológicos mais avançados ou de novos processos produtivos com o objetivo de, em conjunto, trocarem informações sobre as características da tecnologia, bem como a respeito de tecnologias alternativas. A circulação dessas informações permite aos produtores e usuários direcionarem corretamente os esforços inovativos em função das necessidades do mercado.<sup>11</sup>

A importância dos processos de aprendizado envolvidos no desenvolvimento e no uso de novas tecnologias decorre fundamentalmente da natureza cumulativa da mudança tecnológica e da capacidade das firmas para inovarem. Apesar da diversidade de inovações existentes, as firmas frequentemente definem a direção das mudanças a serem incorporadas nas suas rotinas com base no estágio das tecnologias em uso. Ademais, os avanços subsequentes dependem, em grande medida, do conhecimento, da habilidade e da

---

11 Como será examinado no decorrer deste trabalho, no caso específico da indústria de máquinas-ferramentas, o aprendizado por interação é fundamental para a sua dinâmica tecnológica, pois os fluxos de informações que se estabelecem com os usuários das máquinas, bem como com os fornecedores (principalmente os de componentes eletrônicos) resultam no aumento da capacitação tecnológica das empresas.

experiência acumulados anteriormente.<sup>12</sup>

O termo trajetória tecnológica (DOSI, 1982 e 1984) tem sido utilizado para expressar a dimensão cumulativa dos desenvolvimentos tecnológicos e das mudanças experimentadas pela tecnologia na medida em que vão sendo absorvidas pelas demais atividades. Além disso, esse termo expressa a idéia de que, ao longo de um paradigma tecnológico, se encontra um potencial tecnológico que poderá ser explorado e expandido a despeito de, inicialmente, não se apresentar completamente delineado.<sup>13</sup>

Neste contexto, a irreversibilidade e a cumulatividade são aspectos importantes da mudança tecnológica. São ambos heranças das escolhas anteriores realizadas pelas firmas e restringem seus espaços de decisão, afetando, conseqüentemente, a difusão de inovações. Como resultado, têm-se, então, distintas performances e assimetrias produtivas e tecnológicas entre firmas que são o

---

12 Como será examinado no Capítulo 3, a prática das firmas comprovam esse caráter cumulativo, pois geralmente tentam melhorar e diversificar sua tecnologia através de atividades que ampliem as vantagens de sua base tecnológica existente.

13 Com base em Dosi (1982 e 1984), Laplane (1992, p.ix) esclarece que "(...) os conceitos de paradigmas e trajetórias captam características fundamentais do progresso técnico (...). Esses conceitos destacam o caráter convencional dos esforços de pesquisa e desenvolvimento que estão na base do processo de geração e difusão de inovações. As regularidades que se observam nesses esforços resultam da adoção de comportamentos rotineiros, com base na percepção - mais ou menos difundida entre os agentes envolvidos - a respeito das linhas que oferecem melhores oportunidades de sucesso (técnico e econômico). O paradigma vigente em determinada área do conhecimento técnico estabelece, de maneira relativamente apriorística, modelos para tentar resolver problemas selecionados. As trajetórias exprimem uma determinada visão quanto à seqüência a ser percorrida para a solução de alguns dos problemas técnicos relevantes, nos marcos estabelecidos pelo paradigma dominante".

resultado da diversidade existente entre as várias unidades produtivas.

Ressaltando a importância das relações inter-ramos e do caráter interdependente dos fluxos tecnológicos, Pavitt (1984) propõe uma taxonomia dos processos de geração e difusão de inovações. Conforme essa classificação, a indústria de máquinas-ferramentas inclui-se entre os setores de fornecedores especializados, cujas inovações são utilizadas em outros setores. As firmas possuem um conhecimento especializado na tecnologia de projeto e construção de equipamentos e a difusão de inovações é afetada, principalmente, pelo processo de aprendizado que ocorre através da interação entre as indústria (*learning by interacting*).

Como será examinado ao longo deste trabalho, a dinâmica tecnológica da indústria de máquinas-ferramentas está largamente vinculada à busca por soluções dos problemas apresentados pelos setores usuários. Como decorrência, as atividades inovativas estão, basicamente, ligadas à inovação de produtos. A fabricação de novos produtos ou a utilização de um novo processo de fabricação nos demais setores impõe a essa indústria o fornecimento de bens adaptados às novas necessidades, ao mesmo tempo em que os ramos a jusante adaptam-se às inovações incorporadas nas máquinas.

## 1- As inovações de produto e de processo

O objetivo do presente capítulo é descrever os produtos e o processo de fabricação da indústria de máquinas-ferramentas, de modo a fornecer um quadro de referência para a análise que será realizada, nos demais capítulos deste trabalho, a respeito das modificações na composição da produção, na estrutura e no desempenho da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e no Brasil (Capítulo 2) e da capacidade das empresas localizadas no Rio Grande do Sul para absorver as inovações tecnológicas (Capítulos 3 e 4). A ótica sob a qual se fará a referida descrição será aquela em que se procurará enfatizar as modificações dos produtos e dos processos da indústria em questão decorrentes da difusão do progresso técnico.

No primeiro item, descreve-se a grande variedade de produtos finais da indústria de máquinas-ferramentas, os quais são fabricados em pequenos lotes ou mesmo sob encomenda. O importante a observar é que essa variedade - decorrente do tamanho das máquinas, da forma como trabalham os metais, do grau de sofisticação técnica e das funções que desempenham no processo de fabricação das empresas usuárias - pressupõe, ao nível das empresas fabricantes, distintos graus de conhecimento técnico para a fabricação de cada máquina, assim como diversidade nas formas de organização do processo de fabricação e nas ligações com as atividades de projeto e desenvolvimento e com os setores fornecedores e usuários dos equipamentos fabricados. Assim, a

despeito de as plantas apresentarem grande flexibilidade, as empresas fabricantes tendem a se especializar num conjunto definido de produtos, como será visto nos demais capítulos.

No segundo item, examina-se a evolução tecnológica experimentada pelos produtos da indústria de máquinas-ferramentas, destacando-se as duas inovações mais importantes do presente século: nas ferramentas de corte e, posteriormente, no controle das operações. Ambas alteraram a configuração das máquinas fabricadas e tornaram-as mais eficientes e adequadas para atender às exigências dos setores usuários. Como será examinado ao longo desse item, a partir dessas inovações foram realizados aperfeiçoamentos (ou inovações incrementais) nas demais partes ou componentes das máquinas. Uma ênfase especial é dada à inovação no controle da máquina, pois a aplicação da tecnologia microeletrônica - por meio da utilização de sistemas de processamento e transmissão de informações que permitiram a substituição de dispositivos elétricos ou mecânicos por sistemas eletrônicos - significa uma grande descontinuidade nas rotinas produtivas e tecnológicas utilizadas até então pelas empresas fabricantes.

No último item, descreve-se o processo de fabricação da indústria de máquinas-ferramentas. A mudança tecnológica de processo nessa indústria está profundamente inter-relacionada com as mudanças de produto. Pois, além da indústria em questão ser grande usuária das próprias máquinas que fabrica, o avanço na

direção de produtos mais sofisticados e precisos depende de as plantas industriais contarem com equipamentos mais eficientes.

### 1.1- Máquinas-ferramentas e sua operação

As máquinas-ferramentas são equipamentos de difícil deslocamento, dado seu peso e tamanho, com motor, geralmente elétrico, que desempenham as tarefas de furar, fazer roscas e engrenagens, moldar e remover metal das superfícies dando às peças trabalhadas a forma, a dimensão e o acabamento final desejados.<sup>1</sup>

Atualmente, existe um amplo espectro de máquinas-ferramentas, que vão desde os simples tornos até as máquinas totalmente automatizadas e computadorizadas. Usualmente, utilizam-se diversos critérios para classificar essas máquinas, destacando-se aqueles que as agrupam conforme:

- a) o tipo de processo adotado para trabalhar o metal;
- b) o uso dos equipamentos;
- c) o tipo de controle utilizado.

---

<sup>1</sup> Este trabalho trata da indústria de máquinas-ferramentas para trabalhar metais e carbonetos metálicos. Os demais tipos de máquinas-ferramentas -- para trabalhar vidro, cerâmica, madeira, pedras e outros materiais -- não estão sendo considerados. A descrição e as noções básicas a respeito do funcionamento das máquinas-ferramentas estão em larga medida baseadas nos trabalhos de Sciberras e Payne (1985) e March (1989).

Conforme o tipo do processo adotado para trabalhar o metal, as máquinas-ferramentas são classificadas em máquinas-ferramentas de corte e máquinas-ferramentas de deformação, sendo esta a classificação mais amplamente adotada. Cabe ressaltar que as máquinas-ferramentas de corte representam cerca de 80% da produção mundial de máquinas-ferramentas, ao passo que as de deformação respondem por aproximadamente 20% dessa produção.

As máquinas-ferramentas de corte, que dão forma à matéria-prima através do corte, removendo material sob a forma de cavacos, são utilizadas nas operações de usinagem. Para tanto, usam-se ferramentas de corte à base de metais especiais<sup>2</sup> ou métodos não tradicionais<sup>3</sup>. Conforme Groover (1987), as operações de usinagem podem ser classificadas em cinco formas básicas:

- torneamento;
- mandrilamento, perfuração, alargamento e rosqueamento;
- fresamento;
- polimento e retificação;
- aplainamento.

Essas operações são realizadas pelas seguintes máquinas-ferramentas de corte: tornos, mandriladoras, furadeiras, alargadores, rosqueadoras, fresadoras, retíficas, planadoras e

---

<sup>2</sup> Atualmente, as ferramentas de corte de carbureto são as mais utilizadas. O diamante e a cerâmica também são empregados em algumas ferramentas para cortes em materiais com qualidades específicas.

<sup>3</sup> Os processos de usinagem não tradicionais, tais como eletroerosão, jatos d'água, processos químicos, etc., hoje não substituem completamente os métodos convencionais, sendo mais utilizados na usinagem de peças de maior complexidade.

brochadoras. Na maioria das máquinas-ferramentas a peça é fixa e giram as ferramentas (por exemplo, a fresadora). No caso do torno, equipamento mais simples que a fresadora, a ferramenta é fixa, girando a peça de metal. O movimento da peça de metal ou da ferramenta de corte é o que possibilita a remoção do material sob a forma de cavacos. O controle da ação da ferramenta contra a peça permite que sejam alcançados o formato e o tamanho desejados.

As máquinas-ferramentas de deformação realizam trabalhos no metal distintos do processo de usinagem. Esses equipamentos são utilizados para separar, deformar, comprimir e dobrar o metal, dando-lhe um novo formato sem o uso de ferramenta para cortar o material sob a forma de cavacos. São as prensas, as matrizes, as guilhotinas, as estampadoras e as forjas.

Segundo o uso dos equipamentos, as máquinas-ferramentas podem ser de uso geral e especial. As primeiras são aquelas utilizadas em processos seriados de pequenos lotes (até 1000 unidades). Dentre as máquinas-ferramentas de uso geral, distinguem-se dois tipos: aquelas utilizadas no processo produtivo de lotes de 10 a 1.000 unidades, chamadas de máquinas de produção; e as voltadas para a fabricação de lotes menores (geralmente até 10 unidades) ou para o emprego em trabalhos em oficina, chamadas máquinas universais. A característica básica das máquinas-ferramentas de uso geral é a sua flexibilidade, que

permite a usinagem das peças numa grande variedade de formatos e tamanhos. A maioria dessas máquinas é padronizada.

As máquinas-ferramentas de uso especial são equipamentos fabricados sob encomenda para atender à produção de grandes lotes (com mais de 1.000 peças por lote), a fabricação de peças muito grandes, ou para realizar tarefas mais complexas ou de maior precisão. Esses equipamentos são menos flexíveis que as máquinas-ferramentas de uso geral, sendo sua capacidade voltada para usinar uma peça específica ou um conjunto reduzido de tipo de peças.

Conforme o tipo de controle utilizado, distinguem-se as máquinas convencionais, as com comando numérico (MFCN) e as com comando numérico computadorizado (MFCNC).<sup>4</sup>

As máquinas-ferramentas convencionais podem ser tanto controladas manualmente como semi ou totalmente automáticas, com base na automação eletromecânica.

As máquinas-ferramentas com comando numérico são controladas eletronicamente através de instruções recebidas de cartões, fitas ou outros meios que comandam automaticamente as operações. Já as máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado utilizam-se de microcomputadores para armazenar e transmitir as instruções diretamente para a unidade de controle. As mudanças

---

<sup>4</sup> As máquinas-ferramentas com comando numérico serão mais detalhadamente examinadas no item 1.2.

tecnológicas advindas do uso de comando numérico têm afetado principalmente as máquinas-ferramentas de corte. É o caso, por exemplo, dos centros de usinagem, que realizam operações de furar, fresar, mandrilar uma peça, trocando, automaticamente, as ferramentas e as peças por meio de controle computadorizado. No segmento de máquinas-ferramentas de deformação, o uso do comando numérico é ainda muito limitado.

De um modo geral, as máquinas-ferramentas são utilizadas isoladamente, sem ligações umas com as outras. No entanto existe a possibilidade de integrá-las através de mecanismos automáticos de transportar material. No caso das máquinas-ferramentas convencionais, o desenvolvimento da linha transfer possibilitou uma maior automação do processo de fabricação de grandes lotes, a partir do transporte automático das peças que passam por um conjunto de máquinas organizadas em círculos ou cadeias. Nesse caso, a ação das diversas ferramentas sobre as peças obedece a uma seqüência preestabelecida, ou seja, a seqüência de operações de usinagem (ou de montagem) é definida pela configuração do equipamento, o que dificulta a adaptação para a produção de uma outra parte ou componente. Portanto, a característica da linha transfer é sua inflexibilidade. A reunião de máquinas numa linha transfer é um exemplo do sistema de automação rígida de manufatura para a produção de grandes lotes de peças utilizado, principalmente, na indústria automobilística.

Como se verá adiante, a partir do início dos anos 80, o desenvolvimento tecnológico tem possibilitado, cada vez mais, a formação de sistemas que reúnem máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado de uso geral ou especial, interligadas por robôs ou outros meios. Esses equipamentos, que caracterizam a automação flexível da manufatura, possibilitam a produção de uma variedade de produtos (ou partes) com um mínimo de perda de tempo entre a troca de um produto para outro. Como exemplo desses sistemas, podem-se citar as células flexíveis de manufatura, as linhas transfer flexíveis e os sistemas flexíveis de manufatura. O Quadro 1.1 apresenta alguns exemplos de máquinas-ferramentas interligadas (sistemas) e isoladas, agrupadas pela forma como são fabricadas, se padronizadas ou em função das necessidades específicas de cada usuário.

Quadro 1.1

Exemplos de produtos da indústria  
de máquinas-ferramentas

MÁQUINAS	USO GERAL		USO ESPECIAL	
	Padronizada	Sob Encomenda	Padronizada	Sob Encomenda
Convencional				
Máquinas isoladas	Tornos revólveres Fresadoras	Tornos com barramento mais longo	Retíficas de gabarito	-
Sistemas	-	-	-	Linhas <i>transfer</i>
CNC				
Máquinas isoladas	Tornos CNC Centros de usinagem	Centros de usinagem com cabeçote mais alto/barramento mais longo	Mandriladoras de gabarito CNC	Centros de usinagem de alta precisão com magazine
de				ferramentas
mais				extenso
Sistemas	Células flexíveis de manufatura	Sistemas flexíveis de manufatura	Máquinas de corte de engrenagem CNC alimentadas por robô	Linhas <i>transfer</i> flexíveis

FONTE: Sciberras & Payne, 1985, P.20.

O *design* das máquinas-ferramentas modernas visa, basicamente, à precisão na usinagem das peças juntamente com a redução no tempo de preparação e operação do equipamento. Esses requisitos foram alcançados a partir de inovações tecnológicas, em grande parte desenvolvidas fora da indústria de máquinas-ferramentas, mas, ao serem por ela absorvidas, possibilitaram que as características das máquinas-ferramentas se adequassem às

exigências dos usuários desses equipamentos por maior eficiência e rapidez das operações. As modificações experimentadas pelas máquinas-ferramentas serão examinadas na seção seguinte.

### **1.2- As inovações de produto**

A introdução de um novo processo de produção ou a fabricação de novos produtos pelos diversos segmentos industriais requer adaptações e ajustes na indústria de bens de capital de forma que as máquinas e equipamentos fabricados passem a atender a diferentes necessidades técnicas dos setores usuários. Assim, ao longo do processo de modificações tecnológicas nos demais setores industriais, a indústria de bens de capital vai adaptando sua linha de produtos às novas exigências da demanda e, concomitantemente, recebendo estímulos para modificar o seu próprio processo produtivo. De um modo geral, pode-se dizer que a fabricação de máquinas com requisitos técnicos até então inexistentes exige, por parte das diversas empresas fabricantes, novos conhecimentos e habilidades que sustentem modificações nas suas rotinas de produção. Ademais, ao longo desse processo, a indústria de bens de capital vai incorporando o conhecimento tecnológico gerado na fabricação dos novos equipamentos e, em

alguns casos, introduzindo esses equipamentos por ela fabricados no seu próprio processo produtivo.<sup>5</sup>

Como um segmento produtor de bens de capital, a indústria de máquinas-ferramentas vem, desde a sua origem, adequando os seus produtos aos requisitos técnicos formulados pelos setores usuários.<sup>6</sup> Grande parte dessa adequação tem se tornado possível por meio da difusão de inovações geradas em outros setores industriais, que induzem mudanças nos produtos dessa indústria<sup>7</sup>, sendo, ainda, a difusão fortemente condicionada pelos esforços que as empresas desenvolvem para se tornarem aptas a assimilar as informações disponíveis, seja por meio de atividades de pesquisa e desenvolvimento, seja via outros mecanismos informais de acumulação de conhecimento tecnológico.

Ao resolver um problema específico para atender às novas especificações técnicas das máquinas exigidas por um determinado usuário, a indústria de máquinas-ferramentas torna a solução encontrada acessível aos demais segmentos industriais tecnicamente relacionados. Ou seja, a indústria de máquinas-ferramentas tem a capacidade de difundir inovações aos setores industriais que enfrentam problemas similares. Isto se deve à

---

<sup>5</sup> A resposta da indústria de bens de capital às novas necessidades técnicas dos setores usuários e a sua adaptação interna para a fabricação dos novos equipamentos são apresentadas em Rosenberg (1976).

<sup>6</sup> Ver Rosenberg (1976) para uma descrição da origem e do desenvolvimento da indústria de máquinas-ferramentas.

<sup>7</sup> Como será examinado posteriormente, as duas maiores modificações nas máquinas-ferramentas - nas ferramentas de corte e no controle das operações - são decorrentes de inovações geradas em outros setores de atividades.

ocorrência de um intenso processo de convergência tecnológica entre os fabricantes de produtos relacionados com os metais e que empregam processos similares.<sup>8</sup> Dessa forma, a indústria de máquinas-ferramentas desempenha um papel fundamental na difusão de inovações no tecido industrial.

A seguir, considerar-se-ão somente as modificações ocorridas no presente século que tiveram um papel importante para que as atuais características das máquinas-ferramentas fossem alcançadas.<sup>9</sup> Deve-se ter presente que, nesse período, a indústria automobilística, juntamente com as demais empresas a ela relacionadas, foi a maior compradora de máquinas-ferramentas. Portanto, grande parte das modificações ocorridas nessas máquinas foram realizadas para atender às necessidades desse setor.

De um modo geral, os estudos apontam que, no início do século XX, a mais importante inovação tecnológica ocorreu nas ferramentas de corte de metal.<sup>10</sup> Até esse período, as ferramentas eram feitas à base de aço carbono, que, no entanto, se tornou um

---

<sup>8</sup> Em Rosenberg (1976), encontra-se uma detalhada descrição do intenso processo de convergência tecnológica entre os fabricantes de armas de fogo, máquinas de costura, bicicletas e automóveis.

<sup>9</sup> Um estudo detalhado das modificações tecnológicas das máquinas-ferramentas no período entre a Primeira Revolução Industrial e o início do século XX pode ser encontrado em Rosenberg (1976) e Landes (1969).

<sup>10</sup> UNIDO (1984, p.64-65); Rosenberg (1976, p.38-48); Sciberras e Payne (1985, p.27). Estes dois últimos autores ressaltam, ainda, que a incorporação de motores elétricos às máquinas-ferramentas constituiu-se numa marcante transformação tecnológica desses equipamentos na passagem para o século XX.

fator limitante de uma melhor *performance* do equipamento, dadas as crescentes exigências dos usuários por maior rapidez no corte.

O material que substituiu o aço carbono foi o aço rápido (aço de alta velocidade), que dava condições à ferramenta de realizar as operações com maior velocidade. No entanto foi somente no início dos anos 30 que se verificou uma marcante modificação nos materiais das ferramentas, com o advento dos carburetos para cortar metal.<sup>11</sup> Esse material apresenta resistência a altas temperaturas e condições de ser operado a velocidades de corte mais elevadas, quando comparado com o aço rápido. Os carburetos continuam sendo largamente utilizados na atualidade.

Outros materiais são também usados na fabricação das ferramentas de corte, como ligas de diferentes materiais, cerâmicas e materiais metal-cerâmicos, e diamantes.<sup>12</sup> Entretanto sua utilização não é, ainda, amplamente difundida, em grande parte devido à necessidade de futuros aperfeiçoamentos ou às próprias características dos materiais, que se adaptam somente a alguns tipos específicos de metais.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> As ferramentas de corte à base de carburetos foram inicialmente utilizadas na Alemanha (UNIDO, 1984, p.64).

<sup>12</sup> Assim como os carburetos, as cerâmicas e os diamantes conservam a dureza em altas temperaturas.

<sup>13</sup> Uma descrição dos materiais utilizados nas ferramentas de corte encontra-se em UNIDO (1985).

Deve-se ressaltar que, em razão da interdependência existente entre os diversos componentes da máquina-ferramenta, os aperfeiçoamentos nas ferramentas de corte ocasionaram desequilíbrios técnicos entre as partes da máquina. Em outras palavras, as melhorias em uma parte isolada da máquina geraram seus próprios problemas futuros, impulsionando novas modificações e revisões (ROSEMBERG, 1976, p.38). São as chamadas inovações incrementais ou adaptativas.<sup>14</sup>

Para superar tais desequilíbrios, foi preciso um esforço suplementar para adequar os elementos estruturais, de transmissão e de controle das antigas máquinas aos requisitos de potência, rapidez e rigidez necessários a velocidades mais elevadas de remoção do metal que as ferramentas permitiam. Ou seja, as inovações nas ferramentas de corte foram acompanhadas por inovações incrementais que serviram para aperfeiçoar o funcionamento das máquinas.

No que se refere à estrutura das máquinas-ferramentas, novas ligas começaram a ser utilizadas em sua fabricação, visando à maior durabilidade e, principalmente, rigidez que permitissem uma

---

<sup>14</sup> As inovações incrementais ocorrem continuamente no sistema econômico, embora apresentem diferentes intensidades entre os diversos setores econômicos. Apesar de possuírem importantes efeitos para o crescimento da produtividade e para a melhoria da qualidade, afetam somente os produtos, os serviços e os processos já existentes. Nesse sentido, diferenciam-se das chamadas inovações radicais, que são eventos descontínuos - não emergindo simplesmente de melhoramentos nos produtos e nos processos existentes - e que implicam, inclusive, mudanças estruturais, ao requererem novos tipos de bens de capital e novas habilidades para produzir os novos produtos ou serviços (OCDE, 1990, p.34).

alta taxa de remoção do metal juntamente com a precisão no corte.<sup>15</sup> A estabilidade do equipamento e a diminuição da amplitude do movimento vibratório passaram a ser parâmetros importantes nos projetos da parte estrutural da máquina-ferramenta. Para tanto, foram também necessários melhoramentos nos sistemas de eixos e de suportes das ferramentas e das peças, assim como no *design* das ferramentas, para solucionar os problemas térmicos e aperfeiçoar a precisão das operações.

Os projetos das máquinas-ferramentas passaram a atender, também, à necessidade de facilitar o carregamento e o descarregamento das peças a serem usinadas, em vista da crescente importância dos mecanismos automáticos para transportar o material. Além disso, os elementos de transmissão e de controle das máquinas foram aperfeiçoados.<sup>16</sup> Novas transmissões mecânicas e hidráulicas, bem como acionadores hidráulicos e controles foram incorporados, possibilitando maior eficiência ao equipamento.

Essas modificações, que decorreram da introdução de inovações nos materiais das ferramentas de corte, resultaram numa reestruturação da máquina, que permitiu o aumento da resistência das ferramentas a altas velocidades e a execução de operações de forma mais eficiente. Entretanto, ao longo desse período, não se

---

<sup>15</sup> Em UNIDO (1985, p.39-40) encontra-se uma descrição dos principais materiais utilizados na estrutura das máquinas-ferramentas.

<sup>16</sup> Os elementos de transmissão proporcionam os movimentos à peça ou à ferramenta para dar à peça a geometria desejada. Os elementos de controle servem para ajustar os suportes e controlar a função de transmissão para movimentar a peça ou a ferramenta.

verificaram alterações significativas nos processos de usinagem. Pode-se dizer que, até 1950, o que ocorreu foi uma constante busca por aperfeiçoamentos na máquina, de forma a trabalhar com maior precisão as peças de metais e obter formas diferentes e mais complexas.

A partir da década de 50, o progresso técnico na área da eletrônica induziu mudanças radicais nas máquinas-ferramentas, notadamente no controle das operações, com o desenvolvimento dos comandos numéricos. O importante a ser assinalado aqui para o posterior desenvolvimento deste trabalho é que essas mudanças não se restringiram somente a modificações nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas. Pois, ao causarem uma alteração radical na base técnica do setor<sup>17</sup> e, portanto, uma ruptura na sua trajetória tecnológica, alteraram (e/ou criaram novos) os encadeamentos da indústria com outros setores industriais - exigindo novas formas de relacionamentos intersetoriais - e demandaram conhecimentos e habilidades técnicas e produtivas distintos dos até então utilizados pelas empresas nas atividades de fabricação.

---

<sup>17</sup> "A base técnica vigente em cada setor expressa determinado estágio na solução dos problemas relevantes, ou seja, corresponde a um determinado grau de avanço ao longo das trajetórias relevantes. (...) O progresso técnico pode induzir dois tipos de mudanças nessa base: de tipo contínuo (avanços ao longo das trajetórias dominantes) ou do tipo descontínuo (quando associada ao surgimento de novos paradigmas e/ou trajetórias)" (LAPLANE, 1992, p.X). Note-se que os progressos na microeletrônica induziram, inicialmente, a este último tipo de mudança na base técnica da indústria.

A aplicação da tecnologia microeletrônica, por meio da utilização de sistemas de processamento e transmissão de informações, possibilitou a substituição de dispositivos elétricos ou mecânicos convencionais por sistemas eletrônicos embarcados. As modificações nos métodos pelos quais o movimento das máquinas-ferramentas é controlado causaram, por seu turno, grandes alterações no projeto das máquinas para adequá-las aos novos requisitos de precisão e rapidez, proporcionando maior harmonia entre seus componentes.<sup>18</sup>

O comando numérico, desenvolvido nos anos 50 nos Estados Unidos, utiliza um conjunto de instruções (programa) transmitido eletronicamente para o equipamento, para regular suas funções e operações em determinadas tarefas.<sup>19</sup> Novos programas podem ser preparados e utilizados no equipamento, dando-lhe a capacidade de alterar a seqüência de operações para a produção de novos produtos ou para dar ao produto diferentes configurações. As fitas perfuradas têm sido o meio mais utilizado para codificar os programas que a unidade de controle lê e interpreta, transmitindo ao equipamento os movimentos mecânicos necessários para a realização das operações. Os primeiros comandos numéricos planejavam a seqüência de operações e a escolha da velocidade. Em

---

<sup>18</sup> Verifica-se, novamente, uma nova onda de inovações incrementais na máquina visando adequar suas diferentes partes às inovações introduzidas no controle das operações.

<sup>19</sup> A descrição do comando numérico e dos avanços tecnológicos verificados ao longo das três últimas décadas está baseada em Groover (1987, capítulos 8, 9 e 10).

1965, surgiu a primeira máquina-ferramenta com comando numérico com capacidade de efetuar a troca automática de ferramentas. As possibilidades de mudar o programa para processar peças com configurações diferentes tornaram o comando numérico adequado, principalmente, para a produção de produtos em lotes pequenos e médios.

O desenvolvimento do comando numérico deveu-se basicamente à crescente exigência das indústrias eletromecânicas por maior precisão e automatização das operações. Surgiu, inicialmente, para responder às necessidades da indústria aeroespacial dos Estados Unidos sob o estímulo da Força Aérea Americana.<sup>20</sup> Os esforços dessa instituição, em colaboração com o Massachusetts Institute of Technology (MIT), foram responsáveis pelo desenvolvimento dos primeiros comandos numéricos. Em 1952, o MIT concluiu sua primeira máquina com comando numérico. A ação estratégica da Força Aérea Americana foi decisiva para estimular os fabricantes de máquinas-ferramentas e firmas de produtos eletrônicos a desenvolverem suas próprias máquinas com comando numérico. As primeiras máquinas-ferramentas com comando numérico partiam de modelos já existentes, equipando-os com controles e acionadores acoplados. Somente em 1958 foi montado o primeiro centro de usinagem totalmente projetado para aproveitar todas as vantagens do comando numérico.

---

<sup>20</sup> Esse breve histórico das MFCNs é baseado em UNIDO (1984, p.64-66); Sciberras e Payne (1985, p.29).

A primeira linguagem de programação para ser utilizada no controle das máquinas-ferramentas com comando numérico foi desenvolvida no MIT ao final dos anos 50, com o apoio da Força Aérea Americana. O Automatically Programmed Tooling (APT) é, ainda hoje, amplamente utilizado, e a maioria das linguagens de programação desenvolvidas posteriormente se basearam em seus conceitos.

Os aperfeiçoamentos na tecnologia do comando numérico, em junção com a tecnologia dos computadores, resultaram no comando numérico direto (CND) e no comando numérico computadorizado (CNC).

O CND, introduzido no final dos anos 60, utiliza um computador central de grande porte para comandar operações de diversas máquinas-ferramentas com comando numérico. As instruções são transmitidas para a máquina-ferramenta diretamente da memória do computador central, eliminando-se, portanto, as fitas perfuradas e os leitores de fitas. Como um dos problemas das máquinas com comando numérico convencional localizava-se nessas partes, o CND aumentou a confiabilidade no equipamento, além de ter a capacidade de controlar várias máquinas ao mesmo tempo.

Os avanços na tecnologia dos computadores reduziram o tamanho e o custo dos mesmos, ao mesmo tempo em que aumentaram substancialmente sua capacidade. Como resultado desses avanços, um passo significativo foi dado em 1972, com o advento da

primeira máquina CNC, que utilizava um minicomputador como unidade de controle da máquina. Por volta de 1976, o CNC foi aperfeiçoado com o acoplamento de microcomputadores.<sup>21</sup> A evolução para o CNC permitiu ao operador interferir, programar e controlar diretamente as operações da máquina-ferramenta, o que possibilita a reprogramação do sistema sem perda de tempo na produção.

Deve-se ressaltar que o CNC é compatível com um sistema total de informações na fábrica. Isto se dá com a integração do CNC e do CND, ficando o computador do CNC para controlar cada máquina (ou um número pequeno de máquinas), enquanto as informações gerenciais e de fabricação sobre a *performance* do processo são canalizadas para um computador central.

Para tornar mais clara a evolução tecnológica experimentada pelas máquinas-ferramentas e o que se modifica com a introdução do comando numérico, é interessante enumerar as diferentes tarefas executadas por esses equipamentos, como o fazem Edquist e Jacobsson (1988, p.23):

- a) a peça é transportada para a máquina;
- b) a peça é colocada e fixada na máquina;
- c) a ferramenta é selecionada e fixada na máquina;

---

<sup>21</sup> Em UNIDO (1985, cap. 8), encontra-se uma descrição detalhada das características dos sistemas de comando numérico computadorizado e dos aperfeiçoamentos técnicos realizados para superar as deficiências dos equipamentos, assim como são apresentadas as tendências recentes das máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado.

- d) a máquina é colocada em movimento, com os parâmetros de operação estabelecidos;
- e) o movimento da ferramenta é controlado;
- f) a ferramenta é trocada;
- g) a peça é retirada da máquina;
- h) a peça é transportada para outra máquina, para o depósito ou para a montagem; e
- i) todo o processo é supervisionado para intervenção no caso de surgirem problemas.

A incorporação dos primeiros comandos numéricos nas máquinas-ferramentas teve como resultado a modificação das tarefas (d) e (e). As informações necessárias para a produção da peça eram codificadas em fitas perfuradas e lidas pela unidade de controle da máquina. No período que antecedeu o comando numérico, o operador trabalhava a peça com base em desenho elaborado previamente, o qual contava, algumas vezes, com sua participação. Além disso, o operador também era encarregado de determinar a velocidade de avanço e controlar a posição da ferramenta de corte. O comando numérico substituiu o operador nessas tarefas. Toda a concepção da operação passou a ser realizada pelo programador da máquina-ferramenta com comando numérico, e a simples troca da fita codificada passou a permitir a mudança na produção de uma peça para outra. Os aperfeiçoamentos dos comandos numéricos com o surgimento dos mini e microcomputadores como base para as unidades de controle numérico permitiram um aumento da

confiabilidade e a simplificação dos programas, resultando na automação das outras tarefas, como a escolha, colocação e troca de ferramentas (tarefas c e f). Muitos equipamentos já vêm também equipados com mecanismos automáticos de manipulação de materiais (tarefas b e g).

Como já mencionado anteriormente, os esforços inovativos têm se voltado para os sistemas de máquinas-ferramentas, sobretudo a partir do início dos anos 80. Não existe ainda um consenso no plano internacional quanto à definição de sistemas controlados por computador. O termo tem sido utilizado para caracterizar sistemas de diferentes tamanhos e distintos graus de automação.<sup>22</sup>

Conforme Groover (1987, p.463), um sistema flexível de fabricação (SFF) consiste num conjunto de estações de processamento (predominantemente MFCNCs) e de testes e controle de qualidade, interligado a dispositivos automatizados de manipulação do material e a um sistema de estocagem, controlado por um computador central.<sup>23</sup> Todas as funções podem ser integradas, permitindo que o sistema funcione ininterruptamente

---

<sup>22</sup> Em CEE (1986, p.18-19), encontram-se as diferentes definições mais utilizadas pela literatura especializada.

<sup>23</sup> Os três componentes básicos dos sistemas flexíveis (estações de processamento; dispositivos de manipulação e de armazenamento de material; sistema de controle computadorizado) são examinados por Groover (1986, capítulo 17).

sem a intervenção de operadores, que tratam somente das atividades de manutenção e do controle do fluxo de produção.<sup>24</sup>

A principal característica dos SFFs é a flexibilidade, ou seja, a capacidade de serem rapidamente modificados para trabalhar peças variadas. Esses sistemas diferenciam-se da linha *transfer* flexível em função da forma como as máquinas são organizadas. Nos primeiros, a disposição das máquinas (estações de processamento) e dos sistemas de carga permite diversos trajetos da peça a ser usinada, o que aumenta a flexibilidade do sistema. Ao passo que, nas linhas *transfer* flexíveis, assim como nas linhas *transfer* tradicionais, as máquinas são dispostas em linha, fazendo as peças uma única trajetória ao longo da linha, através do uso de mecanismos automáticos para o transporte das peças.

Por sua vez, as células flexíveis de fabricação (CFF) também reúnem máquinas-ferramentas interconectadas, mas em número menor (como, por exemplo, dois ou mais centros de usinagem ou de torneamento) e com *software* menos complexo do que o utilizado no sistema flexível de fabricação. As células podem também ser reunidas num sistema de fabricação flexível.

O sistema de uma única máquina, chamado de unidade de fabricação flexível (UFF) no trabalho da CEE (1986), é composto

---

<sup>24</sup> Como será visto no capítulo seguinte, a difusão dos sistemas flexíveis é ainda relativamente lenta, ao contrário das células e das MFCNs que operam isoladamente.

por um centro de usinagem ou por um centro de torneamento, equipado com dispositivos automatizados para a troca da peça e das ferramentas.<sup>25</sup>

Considerando-se as categorias básicas da fabricação flexível (UFF, CFF e SFF), constata-se que não há uma clara distinção entre CFF e SFF. Geralmente, a distinção está baseada tão-somente no número de máquinas de cada um desses sistemas ou na geometria da peça e nas operações de usinagem necessárias para dar o formato final ao metal.<sup>26</sup>

No Gráfico 1.1, as diferentes configurações das máquinas acima listadas são classificadas de acordo com a variedade dos lotes de peças a serem produzidos e com o volume de sua produção anual.

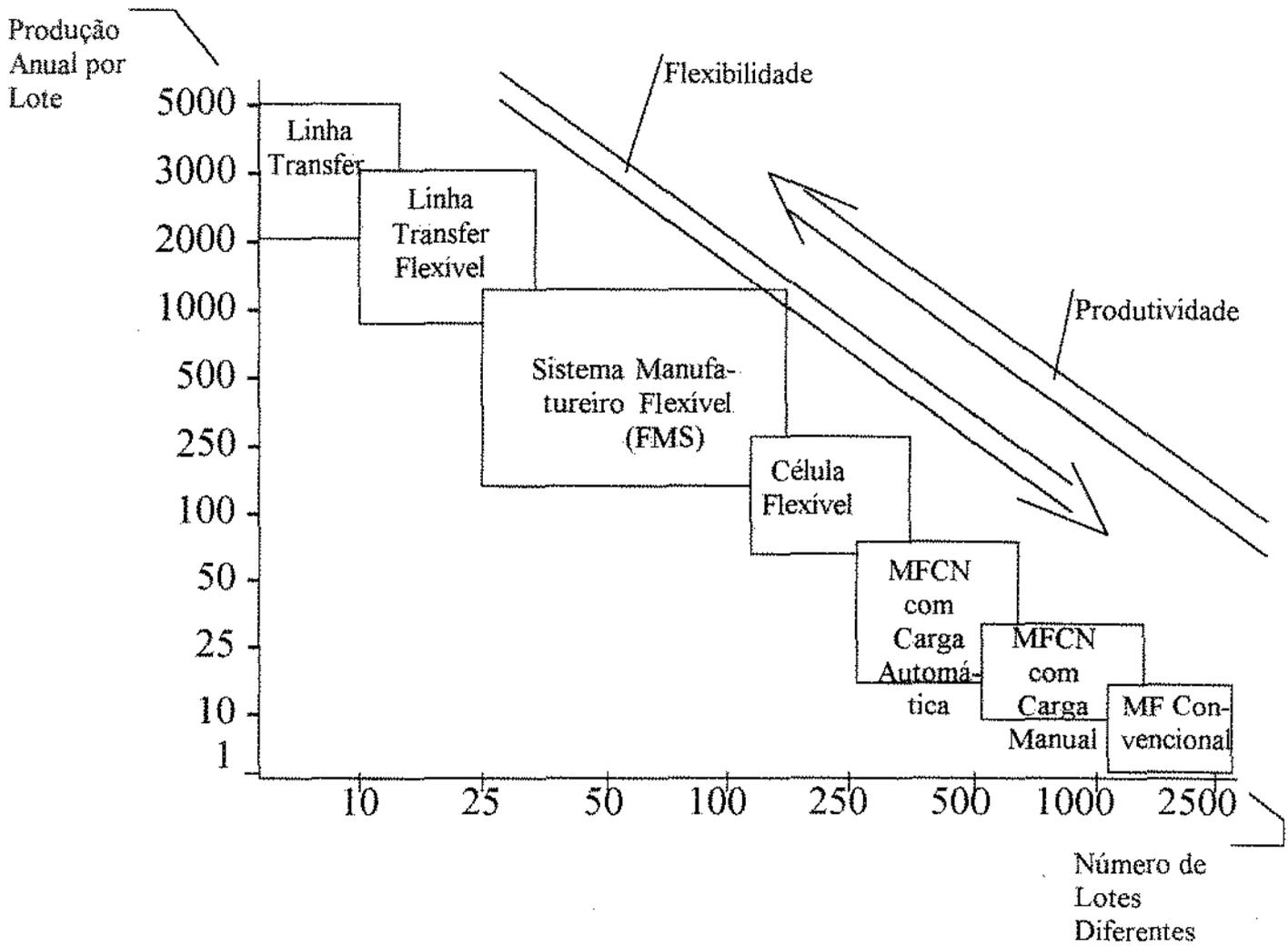
---

<sup>25</sup> Alguns trabalhos denominam essas unidades de módulo de fabricação flexível.

<sup>26</sup> Ver Groover (1986, p.464).

Gráfico 1.1

### Flexibilidade e Produtividade das Diversas Máquinas-ferramentas



FONTE: Sciberras e Payne (1985)

O grau de automação das máquinas depende da flexibilidade que é requerida pelos usuários. Num extremo, tem-se a linha *transfer* fixa, sem nenhum grau de flexibilidade, dedicada à produção de grandes lotes de uma única peça. A fabricação de uma variante do produto original é possível somente após um longo período de preparação da linha. No outro, têm-se as máquinas-ferramentas convencionais, que possuem um alto grau de flexibilidade, mas demandam tempos elevados de preparação. Essas máquinas podem ser uma opção para a fabricação de um grande número de diferentes peças num volume muito baixo de produção. As máquinas com comando numérico, projetadas para acomodar diferentes configurações de produto, são adequadas à fabricação de baixos e médios volumes de produção de peças variadas. Os sistemas flexíveis ocuparam um espaço intermediário entre a elevada flexibilidade das máquinas--ferramentas com comando numérico e das máquinas-ferramentas convencionais operando isoladamente e a rigidez das linhas *transfer*. Esses sistemas são adequados para a fabricação de um volume médio de produção de uma dada variedade de produtos.

Deve-se ainda notar que o uso das máquinas-ferramentas com comando numérico, de forma isolada ou em sistemas de máquinas, resulta num aumento da produtividade em relação às máquinas convencionais decorrente, fundamentalmente, da diminuição dos tempos mortos gerados nas operações de regulagem, ajuste e alimentação dos equipamentos, que aumenta a taxa efetiva de utilização desses equipamentos.

As máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado isoladas ou agrupadas em sistemas, ao serem incorporadas no processo produtivo das demais indústrias (bem como na própria indústria de máquinas-ferramentas, por ser grande usuária das máquinas que fabrica), alteraram radicalmente a forma de automação das atividades até então utilizada, como será examinado a seguir, no item 1.3. Ademais, como afirma Laplane (1990, p.27), permitiram: redução nos custos de mão-de-obra e de capital por produto, quando comparados com os custos associados às máquinas-ferramentas convencionais; melhora de qualidade e de precisão; melhor controle de qualidade e maior flexibilidade no processo de fabricação; e redução de refugos e uso de ferramentas de alta qualidade e de servomotores de aceleração rápida. A redução dos estoques de matérias primas, de peças e componentes e dos períodos de espera entre a produção de peças tornou-se, então, consequência dos melhoramentos no processo produtivo advindos do uso de MFCNs e MFCNCs.

### 1.3- O processo de fabricação

Assim como nas demais atividades do complexo eletromecânico, a fabricação de máquinas-ferramentas é realizada através de um processo discreto (ou segmentado) de produção.<sup>27</sup> Tal processo

---

<sup>27</sup> Ver Ferreira (1987, pp.4-7), para a distinção entre os dois tipos de processos produtivos manufatureiros: processos de fluxo contínuo e processos discretos ou segmentados.

permite a transformação da matéria-prima em produtos finais, envolvendo sucessivas tarefas de fabricação, montagem, transporte e depósito do material, inspeção e testes e controle.<sup>28</sup>

Na fase de fabricação, nenhum material ou componente é adicionado à peça, mas energia (mecânica, elétrica, calor, etc.) é utilizada para alterar sua forma e propriedades físicas ou para remover material por meio de:

- a) processos básicos;
- b) processos secundários;
- c) operações para intensificar as propriedades físicas; e
- d) operações finais.

Os processos básicos dão à matéria-prima o formato inicial. Exemplo característico dessa fase é a fundição de metais. Na maioria das vezes, são necessários processamentos adicionais para a peça obter o formato e o tamanho desejados, que são alcançados nos chamados processos secundários. Esses processos incluem as operações de usinagem e de deformação que dão a forma final às partes e aos componentes de origem metálica.<sup>29</sup> As operações utilizadas para intensificar as propriedades físicas do material

---

<sup>28</sup> Groover (1987) apresenta essas etapas como sendo as "funções básicas" da manufatura. As duas primeiras, que correspondem ao processo de fabricação propriamente dito, adicionam valor ao produto, diferentemente da terceira e da quarta, que tratam da movimentação do material nas fases de fabricação e montagem e da inspeção de partes fabricadas e testes do produto final. Já a quinta fase inclui tanto a regulação das operações de fabricação e montagem como das atividades de gerenciamento.

<sup>29</sup> Estes são, portanto, os processos que interessam neste trabalho, visto que nessa fase do processo de produção manufatureira mecânica são utilizadas máquinas-ferramentas para usinar ou deformar as peças.

não alteram o formato da peça, como, por exemplo, o tratamento térmico que visa tornar o metal mais resistente. Já as operações finais são executadas com o objetivo de dar à peça o acabamento necessário, os revestimentos de proteção, ou para aprimorar a aparência com pintura, polimento, etc.

Sob a base técnica eletromecânica, a seqüência das operações de fabricação e de montagem é fixada pela configuração do equipamento. Assim,

"(...) na automação eletromecânica, as instruções de comando estão incorporadas nos próprios componentes mecânicos e elétricos que compõem a máquina. O curso das ferramentas está definido mecanicamente. Sua rigidez significa que qualquer alteração importante no comando (no tipo ou seqüência de operações realizadas) implicaria um amplo rearranjo dos seus componentes, isto é, implicaria a construção de uma outra máquina" (CARVALHO, 1987, p.79).

Trata-se, portanto, de uma automação rígida, que predominou na indústria até os anos 60.

O processo produtivo mecânico utilizado na fabricação de máquinas-ferramentas envolve, basicamente, a produção em pequena escala (processo não seriado) e apresenta necessidades para a automação distintas daquelas que se verificam para a produção de

grandes lotes de peças (linhas seriadas).<sup>30</sup> No caso da produção em pequenos lotes, a despeito da flexibilidade das máquinas universais utilizadas no processo produtivo, a fabricação de peças demanda longos períodos para a preparação do equipamento e para o transporte das peças, bem como a necessidade de operação por mão-de-obra especializada (FERREIRA, 1987, p.10). Nisso reside a limitação que a automação rígida apresenta para esse tipo de processo, pois, quanto maior a complexidade das peças ou quanto menores e mais diversificados forem os lotes, mais lento se torna o processo de fabricação.

A nova geração de equipamentos com base na microeletrônica - máquinas-ferramentas com comando numérico, acompanhadas, ou não, por robôs industriais<sup>31</sup> e sistemas CAD/CAM<sup>32</sup> - possibilitou a

---

<sup>30</sup> Como será visto mais adiante, um dos exemplos de equipamentos e máquinas automatizadas de base eletromecânica utilizados na fabricação de grandes lotes de peças em linhas de montagem em série (indústria automobilística e produtos eletroeletrônicos, dentre outros) é a linha transfer.

<sup>31</sup> "Uma definição padrão é dada pela International Organization for Standardization, qual seja: são manipuladores multifuncionais reprogramáveis capazes de mover peças, materiais, ferramentas ou instrumentos especiais. Não estão incluídos nesta definição os robôs *pick and place*, manipuladores mais simples e sem programação" (BNDES, 1988, p.4). Este estudo não tratará dos robôs industriais, pois o seu uso mais difundido ocorre nos processos de fabricação do tipo linha de montagem, não sendo, portanto, o caso da indústria de máquinas-ferramentas.

<sup>32</sup> "CAD é um sistema de processamento de dados que realiza cálculos e desenhos objetivando a concepção ótima do produto. Os desenhos geométricos podem ser armazenados, examinados sob diversos ângulos e modificados. Facilita, portanto, a concepção de projetos e produtos. O sistema CAM, interligado ao sistema CAD, incorpora um ou mais computadores através dos quais realiza tarefas envolvidas na organização, esquematização e controle das operações envolvidas na manufatura do produto. Para operações, o sistema CAM normalmente utiliza-se de MFCN e elabora programas parciais de produção" (BNDES, 1988, p.4). Como será visto mais adiante, o uso do sistema CAD/CAM nas atividades de projeto e de fabricação de máquinas-ferramentas tem se ampliado entre os fabricantes desses equipamentos.



superação dos limites que o caráter rígido da automação eletromecânica impunha à automação da manufatura.<sup>33</sup> Como consequência verificou-se a introdução de um novo tipo de automação da manufatura decorrente da aplicação da tecnologia microeletrônica nas atividades de fabricação, o que representou uma ruptura na trajetória da automação eletromecânica. Trata-se da automação programável, posteriormente aperfeiçoada para a chamada automação flexível.

Na automação programável, os equipamentos utilizados possuem a capacidade de alterar a seqüência de operações para a produção de diferentes configurações de produtos. A seqüência de operações é controlada por um programa, ou seja, por um conjunto de instruções codificadas que o sistema pode ler e interpretar. Novos programas podem ser preparados e colocados no equipamento para produzir novos produtos.

A automação flexível, considerada uma extensão da automação programável, permite a fabricação de uma variedade de produtos (ou partes) com nenhuma perda de tempo para a mudança de um produto para o seguinte. Ou seja, nesse caso não há perda de tempo na produção enquanto o sistema é reprogramado.<sup>34</sup> A

---

<sup>33</sup> Ferreira (1987, pp.11-14) apresenta os limites que a automação rígida impõem à automação da manufatura - altos volumes de inversão em capital fixo, com um ritmo lento de depreciação; volumes elevados de matérias-primas e estoques intermediários, exigindo altos volumes de capital de giro; dependência do trabalho humano direto; baixa qualidade e/ou competitividade -, os quais têm consequências significativas sobre a estrutura de capital e a competitividade das firmas.

<sup>34</sup> Para uma descrição mais detalhada dos três tipos de automação da manufatura, ver Groover (1987, pp.2-4).

flexibilidade é o atributo básico da automação programável e da automação flexível.

Adicionalmente, a incorporação de formas de automação programável ou flexível nos processos de fabricação não se restringiu à incorporação de novos equipamentos, mas envolveu, também, inovações no *lay out* das fábricas, alterações nos princípios de organização, controle e planejamento da produção e novas formas de organização e gestão das empresas.

Da descrição dos produtos e dos processos de fabricação da indústria de máquinas-ferramentas realizada neste capítulo, podem-se retirar alguns elementos necessários para a apresentação, no próximo capítulo, das modificações na composição da produção, na estrutura e no desempenho da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e no Brasil, e para a análise, nos dois últimos capítulos, da capacidade das empresas localizadas no Rio Grande do Sul para absorver as inovações tecnológicas. Esses elementos são:

- a) uma inovação de produto ou de processo impulsiona melhoramentos posteriores no próprio produto ou processo. São as inovações incrementais, que sucedem as inovações radicais, configurando os avanços possíveis ao longo das trajetórias tecnológicas;
- b) o processo de inovação nos principais países desenvolvidos produtores de máquinas-ferramentas estabelece a fronteira tecnológica do setor;

- c) quaisquer deslocamentos nessa fronteira podem representar grandes descontinuidades em termos de concepção e fabricação de produtos para as empresas localizadas nos países de industrialização tardia que atuam com tecnologias maduras;
- d) em função da distância em relação à fronteira tecnológica, o desenvolvimento local de capacidades assume um papel fundamental na dinâmica tecnológica das empresas desses países, pois aumenta a possibilidade de transferência de informações entre firmas, ampliando o estoque de conhecimentos e de habilidades da empresa necessários ao entendimento dos princípios tecnológicos referentes à mudança técnica e à produção de novos produtos;
- e) tendo em vista que grande parte do desenvolvimento tecnológico da indústria de máquinas-ferramentas advém da busca por soluções aos problemas técnicos formulados pelos setores compradores de equipamentos, a presença de empresas usuárias de máquinas-ferramentas com reduzido desenvolvimento tecnológico nos países de industrialização tardia é um fator limitante para a difusão de inovações na indústria de máquinas-ferramentas.

## 2- A indústria de máquinas-ferramentas

O objetivo do presente capítulo é examinar as principais características estruturais e a evolução da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e no Brasil, a partir de meados dos anos 70. A análise estará centrada nas modificações experimentadas pelo setor, decorrentes da rápida difusão de progresso técnico que alterou os produtos e processos de fabricação da indústria em questão e da natureza do ambiente competitivo em que as empresas atuam.

O capítulo está organizado em dois itens. O primeiro trata da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos, no qual são examinadas, inicialmente, as modificações na estrutura da indústria, que são derivadas, em grande medida, da rápida difusão de inovações de produto e de processos no período em foco. Segue-se uma análise das diferenças no desempenho relativo da indústria em questão nos principais países fabricantes de máquinas-ferramentas, o que permite a identificação dos diferentes caminhos percorridos para a adequação a uma nova base técnica e para a conquista (ou não) de maiores espaços no mercado mundial.

No segundo item, são identificados alguns aspectos da estrutura da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, que, associados às condições macroeconômicas adversas do país, obstaculizaram o processo de difusão de inovações ao longo dos

anos 80. Ainda nesse item, analisa-se a evolução do setor no país, de modo a se obterem indicações sobre os avanços ou os retrocessos apresentados pelos distintos segmentos dessa indústria no Brasil.

Inicialmente, cabe mencionar dois aspectos referentes à natureza das atividades da indústria de máquinas-ferramentas que deverão ser considerados ao longo da análise desenvolvida no presente capítulo.

O primeiro relaciona-se ao fato de a indústria de máquinas-ferramentas produzir máquinas que são utilizadas por todos os segmentos que compõem o complexo eletromecânico. Isso faz com que a demanda por máquinas-ferramentas dependa largamente do comportamento do investimento das indústrias do complexo eletromecânico, que, por sua vez, têm seu desempenho vinculado às condições do mercado doméstico e de exportação para seus produtos. Dessa forma, a indústria de máquinas-ferramentas participa do processo de reposição e de ampliação da capacidade produtiva da economia. A parcela da demanda voltada para atender à reposição dos equipamentos possui um comportamento distinto daquele que se verifica na demanda para ampliação da capacidade. A primeira, de tendência mais estável, é função do tamanho do parque local de máquinas-ferramentas, da vida útil das máquinas e do ritmo de inovações. Já a parcela da demanda para ampliação, cujas variações são mais irregulares, depende da taxa de

crescimento das atividades do referido complexo, das expectativas de lucro e das inovações.

O segundo aspecto diz respeito às características dos produtos fabricados pela indústria de máquinas-ferramentas, que lhe conferem um papel central entre as atividades da eletromecânica devido: ao importante mecanismo de transmissão de novas tecnologias que ocorre com a venda de equipamentos que incorporam desenvolvimentos tecnológicos recentes; e aos impactos que esses equipamentos exercem sobre a qualidade e o custo dos produtos das empresas usuárias. As inovações incorporadas em seus produtos transformam-se em inovações de processo das demais atividades, afetando a qualidade e a eficiência do processo de fabricação dos bens duráveis de consumo e dos próprios bens de capital. O papel que essa indústria desempenha na dinâmica interindustrial lhe confere, portanto, a capacidade de ser um centro difusor de inovações tecnológicas para o restante da matriz industrial.

## **2.1- A indústria nos países desenvolvidos**

O período que se estende desde meados dos anos 70 até os dias atuais foi marcado por profundas modificações nos produtos e nos processos da indústria de máquinas-ferramentas, modificações estas induzidas pelas inovações geradas no complexo eletrônico, como já foi examinado no Capítulo 1. Visto de uma perspectiva

mais ampla, pode-se verificar, no entanto, que o processo de difusão de inovações apresentou-se de modo diferenciado, quando se toma como referencial o espaço e o tempo. Tanto fatores internos como externos às empresas do setor, em diversos países, condicionaram esse processo desigual de difusão de inovações. Entre os principais, devem-se mencionar as características estruturais da indústria em cada país; o desenvolvimento de indústrias a montante, notadamente as que compõem o complexo eletrônico; e a estrutura de demanda interna por máquinas-ferramentas, que espelha o desenvolvimento tecnológico das empresas usuárias de máquinas-ferramentas do país. A análise das modificações na estrutura da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e do seu desempenho, que será realizada nos próximos itens, deverá incluir o exame de tais fatores.

#### **2.1.1- As modificações na estrutura da indústria**

A análise da mudança estrutural na indústria de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos será feita a partir da caracterização dos pontos principais que configuram esse processo, a saber:

- a) alteração do perfil de produção dentro das fábricas e entre fábricas;
- b) mudanças na escala de produção;
- c) modificações nas relações e encadeamentos interindustriais.

No que tange à alteração do perfil de produção dentro das fábricas e entre fábricas a partir de meados dos anos 70, cabe inicialmente retomar, de forma sucinta, o que já foi apresentado no Capítulo 1 a respeito das mudanças nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas decorrentes da incorporação das inovações geradas no complexo eletrônico. A difusão da tecnologia microeletrônica por meio dos sistemas de processamento e transmissão de informações possibilitou a substituição de dispositivos elétricos ou mecânicos convencionais por sistemas eletrônicos no controle das operações das máquinas. Nas máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado, as informações necessárias para a operação e o controle do equipamento são fornecidas pela unidade eletrônica. Portanto, essas máquinas tornaram-se capazes de operar segundo informações pré-codificadas, aumentando a automatização das tarefas - como, por exemplo, a troca e o movimento das ferramentas e o controle da velocidade do equipamento - que, anteriormente, eram executadas pelo operador da máquina convencional. Os ganhos de eficiência, automatização e flexibilidade daí decorrentes foram significativos, principalmente após a completa reestruturação das máquinas para se adequarem aos novos comandos, o que gerou, inclusive, modificações na sua arquitetura.

Um dos aspectos importantes desse processo de renovação das máquinas-ferramentas diz respeito à possibilidade que se abriu para um único equipamento desempenhar diversas funções, as quais eram, a princípio, executadas por várias máquinas convencionais.

O exemplo mais característico desse fato são os centros de usinagem que realizam operações de fresar, mandrilar e furar uma peça, trocando automaticamente as ferramentas.

Em decorrência dessa inovação de produto, as empresas reduziram a quantidade de diferentes tipos e modelos de máquinas fabricadas, aumentando a padronização da produção da indústria. Assim, aquelas empresas que ingressaram na produção de máquinas-ferramentas com comando numérico tenderam a aumentar o grau de especialização, ao restringir o número de máquinas de sua linha de produtos. Isso possibilitou que os esforços inovativos das empresas fossem direcionados para um conjunto mais restrito de máquinas, o que, dada a natureza cumulativa do progresso técnico, acelerou o ritmo de inovação. Ademais, cabe ressaltar que a maioria das empresas que ingressaram na fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico ampliaram as atividades de P&D, pois, devido às características técnicas dessas máquinas, novos projetos e testes se fizeram necessários, bem como o desenvolvimento de algum conhecimento na área da eletrônica.

Pode-se, assim, dizer que a redução no número de tipos e modelos de máquinas fabricadas e o conseqüente aumento no grau de especialização das firmas são, ao mesmo tempo, causa e efeito da difusão de inovações, porque esta permite a diminuição da linha de produtos fabricados, o que, por sua vez, ao concentrar os esforços inovativos das firmas, realimenta a difusão.

A partir de meados dos anos 70, constata-se a expansão na produção de máquinas-ferramentas com comando numérico. A participação relativa dessas máquinas no total da produção da indústria aumentou significativamente, em detrimento da participação das máquinas convencionais. Já em 1980, as máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado representavam cerca de 50% do valor da produção total de máquinas-ferramentas no Japão, 30% na Alemanha, 34% nos Estados Unidos e 19% na Itália (JONES, 1983, p.1987). No caso do Japão, essa participação alcançou 76% em 1986.

As máquinas-ferramentas utilizadas para o corte de metal foram as que mais rapidamente incorporaram os comandos numéricos. Como pode-se visualizar na Tabela 2.1, já em 1976, 25% do valor da produção de máquinas-ferramentas de corte nos principais países da OCDE correspondia a máquinas-ferramentas com comando numérico, passando para 56% em 1984. Destaca-se a produção de tornos com comando numérico e de centros de usinagem, cada um representando cerca de 18% do valor total da produção de máquinas-ferramentas de corte naqueles países.<sup>1</sup> Para as máquinas de deformação, essa participação era de somente 3% em 1976 e de 19% em 1984.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> No Japão, 90% da produção dos tornos era representada por tornos com comando numérico em 1986 (CHUDNOVSKY, 1988, p.724).

<sup>2</sup> Dados relativos à Alemanha Ocidental (EDQUIST, JACOBSSON, 1988).

Tabela 2.1

Participação percentual de MFCNs no total do valor da produção  
de máquinas-ferramentas produzidas em países da  
OCDE, por tipos de máquinas – 1976-1984

TIPOS DE MÁQUINAS	1976	1982	1984
Fresadora			
CN	23	53	64
Convencionais	77	47	36
Total	100	100	100
Tornos			
CN	30	61	73
Convencionais	70	39	27
Total	100	100	100
Furadeiras			
CN	13	34	29
Convencionais	87	66	71
Total	100	100	100
Mandriladoras			
CN	35	57	57
Convencionais	65	43	43
Total	100	100	100
Outras (1)			
CN	21	29	48
Convencionais	79	71	52
Total	100	100	100
Total de máquinas-ferramentas de corte			
CN	25	41	56
Convencionais	75	59	44
Total	100	100	100

FONTE: Edquist, Jacobsson (1988).

NOTA: Os países da OCDE aqui referidos são: Japão, Estados Unidos, Alemanha Ocidental, França, Itália e Reino Unido.

(1) Inclusive centros de usinagem.

Os dados apresentados nos parágrafos anteriores mostram que a composição da produção da indústria em questão alterou-se significativamente nas últimas duas décadas, passando as empresas que ingressaram na fabricação de máquinas-ferramentas com comando

numérico a apresentarem um perfil de produção distinto daquele existente no período anterior. Como nem todas as empresas fabricantes ingressaram na produção dessas máquinas computadorizadas, têm-se perfis de produção diferenciados entre as firmas da indústria.

O rápido crescimento da produção de máquinas com comando numérico em relação às máquinas convencionais nos países desenvolvidos é, essencialmente, o resultado de modificações na estrutura de demanda por esses equipamentos. Desde meados dos anos 70, grande parte dessa demanda tem sido para a racionalização dos processos de fabricação e melhorias na qualidade dos produtos. As empresas usuárias passaram a exigir equipamentos que viessem ao encontro de suas necessidades de maior eficiência, automatização e flexibilidade. Adicionalmente, os sucessivos avanços técnicos nas unidades de controle, assim como a simplificação dos programas e a redução de seus preços<sup>3</sup>, ampliaram a difusão desses equipamentos, tornando-os, inclusive, acessíveis às firmas de menor porte.

Deve-se notar, ainda, que a substituição da produção de máquinas convencionais por máquinas-ferramentas com comando numérico determinou uma nova estrutura de custo de produção para as empresas do setor, pois o conteúdo de trabalho direto nas

---

<sup>3</sup> Como exemplo da redução do preço das máquinas-ferramentas, cabe citar o caso dos tornos com comando numérico computadorizado fabricados no Japão: entre 1974 e 1981, a relação entre o preço unitário dos tornos com comando numérico computadorizado e o dos convencionais caiu de 8,3 para 2,9 (JACOBSSON, 1985, p.354).

máquinas-ferramentas com comando numérico é, usualmente, menor do que no caso das máquinas convencionais, enquanto os componentes passam a responder por uma parcela crescente dos custos.<sup>4</sup> Assim, o custo de mão-de-obra perde, gradativamente, capacidade de explicação dos custos totais de produção, à medida que o perfil de produção das empresas se modifica em direção à fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico. Dessa forma, nessas máquinas e em outros equipamentos tecnologicamente mais avançados, o custo com mão-de-obra não representa um fator de concorrência determinante para o sucesso das empresas no mercado (FRANSMAN, 1986, p.1382).

Em vista dessas modificações, o mercado de máquinas-ferramentas apresenta-se atualmente mais segmentado. Agrupando-se as máquinas conforme seu grau de flexibilidade e volume de produção, identificam-se três segmentos distintos, a saber:

- a) máquinas convencionais;
- b) máquinas com comando numérico e centros de usinagem;
- c) máquinas especiais.

Em cada um dos segmentos, as máquinas fabricadas atendem a demandas específicas dos compradores em termos de tamanho, precisão, rapidez e automatização.<sup>5</sup> Do ponto de vista das firmas

---

<sup>4</sup> No que se refere aos tornos com comando numérico computadorizado, por exemplo, Jacobsson (1986) estima que os sistemas de comando numérico computadorizado respondem por cerca de 20% a 50% dos custos totais de produção.

<sup>5</sup> Esses aspectos já foram examinados no Capítulo 1, em especial no item 1.3.

fabricantes, tem-se, em cada segmento, uma configuração de estrutura de produção com dinâmica diferenciada de progresso técnico, assim como distintos fatores de concorrência no mercado, que condicionam os requisitos de capacitação das firmas e as formas específicas de sua atuação no mercado.

Alguns aspectos peculiares a cada um dos segmentos de mercado de máquinas-ferramentas são apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1

## Fatores de concorrência e mercado

DISCRIMINAÇÃO	MÁQUINAS CONVENCIONAIS	MÁQUINAS CN E CENTROS DE USINAGEM	MÁQUINAS ESPECIAIS
Principal fator de concorrência	Preço	Preço e tecnologia	Tecnologia
Principais fornecedores	Países da Ásia e do leste europeu	Japão	RFA
Participação no mercado mundial	16%	36%	48%
Crescimento a médio prazo	Diminui	Aumenta	Aumenta

FONTE: Adaptado de P.Fremeaux R Touboul: Machineoutil 90, Les Eugeux BIPE, Paris 1990, In Onudi (1990).

Como é possível verificar-se nesse quadro, o segmento de máquinas convencionais responde, atualmente, por tão-somente 16% do mercado mundial de máquinas-ferramentas, com tendência a diminuir, caso as previsões sobre o crescimento de sua demanda se confirmem. Já o segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem, cujo surgimento data de meados dos anos 70, responde por cerca de 36% do mercado mundial de máquinas-ferramentas. Nesse segmento, o preço e a tecnologia das máquinas são os principais fatores de concorrência, destacando-se o Japão como principal fabricante. As empresas alemãs dominam a produção de máquinas especiais, sendo a tecnologia o principal fator de concorrência no mercado.

O segundo aspecto referente às modificações na estrutura da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos diz respeito às mudanças na escala de produção.

De um modo geral, as firmas médias e pequenas predominavam na indústria de máquinas-ferramentas. Em 1978, 75% das 450 firmas alemãs tinham menos de 25 empregados, e, somente, 15 empresas empregavam mais de 1.000 pessoas; no Reino Unido, 60% de 983 firmas empregavam 10 ou menos pessoas e apenas 17 empresas contavam com mais de 500 empregados (UNIDO, 1984, p.61).

Todavia a crescente padronização da produção da indústria em questão possibilitou a ampliação das escalas de produção, aumentando, conseqüentemente, a incidência de economias de escala

nas empresas que passaram a atuar no segmento de mercado de máquinas-ferramentas com comando numérico e de centros de usinagem.

Por outro lado, como a indústria de máquinas-ferramentas é grande usuária das máquinas que fabrica, as inovações incorporadas nos produtos dessa indústria resultaram em modificações no seu próprio processo de fabricação. O que interessa ressaltar aqui é que a utilização de máquinas-ferramentas com comando numérico, juntamente com a introdução de outras tecnologias de automação flexível<sup>6</sup>, ampliou a incidência de ganhos de escala nessa indústria.

As inovações de produto tornaram as máquinas-ferramentas mais complexas, o que requer o desenvolvimento de capacidades por parte das firmas que lhes permitam um domínio da tecnologia de fabricação e condições favoráveis para ampliar suas atividades inovativas. Assim, para as empresas ingressarem na produção de máquinas-ferramentas com comando numérico e manterem (ou ampliarem) suas fatias de mercado, além do requisito de um certo nível de conhecimento acumulado e adequado para a fabricação dessas máquinas, precisam dispor de recursos para enfrentar os elevados gastos iniciais com os investimentos em P&D e para a racionalização das linhas de produção. Entretanto tais requisitos dificilmente são encontrados nas firmas de pequeno porte, cujos

---

<sup>6</sup> Notadamente, destaca-se a utilização dos sistemas CAD nas atividades de projeto, sendo em alguns casos interligados com os sistemas CAM.

recursos são, geralmente, insuficientes para suportar investimentos de maior vulto e de elevados riscos, como os direcionados para as atividades inovativas. Em decorrência, a indústria de máquinas-ferramentas dos principais países desenvolvidos vem, gradativamente, apresentando uma maior concentração da produção de máquinas-ferramentas com comando numérico em empresas de maior porte.<sup>7</sup>

A esse respeito, destacam-se, principalmente, as empresas japonesas, cujos volumes de produção são consideravelmente superiores aos da maior parte das firmas européias e norte-americanas. Para ilustrar esse fato, cabe registrar que o maior produtor japonês de tornos fabrica cerca de 2.500 unidades ao ano, ao passo que, na Europa, são produzidas aproximadamente 1.000 unidades desse equipamento pela maior empresa. No caso dos centros de usinagem, a escala é mais reduzida, mas vem aumentando gradativamente ao longo da última década.<sup>8</sup>

Considerando-se as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas listadas pela revista *American Machinist*, verifica-se que, entre as 25 maiores empresas mundiais em 1992, 14 eram japonesas; cinco, alemãs; quatro, norte-americanas; uma, suíça; e

---

<sup>7</sup> Deve-se notar que a produção das unidades de controles é também muito concentrada, sendo dominada pela empresa japonesa FANUC, que responde por 75% do mercado japonês e por 50% do mercado mundial de unidades de comando numérico. A produção mensal dessa empresa é de cerca de 4.000 unidades de controle (CHUDNOVSKY, 1988, p.726).

<sup>8</sup> A maior empresa japonesa fabricante de centros de usinagem produz, em média, 900 unidades por ano.

uma, italiana.<sup>9</sup> A maior parte dessas empresas empregavam mais de 1.500 pessoas e possuíam plantas instaladas em diversos países. Notadamente, as empresas japonesas, e algumas européias, estabeleceram filiais nos Estados Unidos. Ademais, cabe notar que há uma tendência entre os grandes fabricantes de máquinas-ferramentas para diversificar a produção, fabricando outros produtos além de máquinas-ferramentas.

Concomitantemente com as alterações no perfil e nas escalas de produção das empresas do setor examinadas acima, constatam-se modificações nos encadeamentos existentes entre os fabricantes de máquinas-ferramentas e outros setores industriais, também resultantes da difusão de inovações geradas no complexo eletrônico.

Os segmentos que constituem o complexo eletrônico determinaram o surgimento de novas atividades na matriz industrial dos diversos países desenvolvidos, as quais passaram, gradativamente, a estabelecer fluxos de compra e venda de mercadorias com os demais setores econômicos. Do ponto de vista da indústria de máquinas-ferramentas, a incorporação dos sistemas eletrônicos de controle às máquinas significou, para as empresas

---

<sup>9</sup> O ranking das maiores empresas apresentado pela revista *American Machinist* é baseado nas vendas mundiais totais de máquinas-ferramentas por empresa, incluindo os equipamentos relacionados como os comandos numéricos e as máquinas produzidas por outros para a empresa. As 10 maiores empresas listadas no ano de 1992 foram: Amada Co. Ltd. (Japão), Fanuc Ltd. (Japão), Yamazaki Mazaki Corp. (Japão), Okuma Machinery Works (Japão), Thyssen Maschinenbau GMBH (Alemanha), Giddings & Lewis Inc. (Estados Unidos), Schuler Group (Alemanha), Komatsu Ltd. (Japão), Toyoda Machine Works (Japão), Mori Seiki Co. Ltd. (Japão).

fabricantes, o nascimento de novos encadeamentos a montante com as firmas fornecedoras desses sistemas, os quais se materializam na compra das unidades de controle. São encadeamentos intensos, caracterizados, fundamentalmente, pela capacidade de estimular o progresso técnico na indústria de máquinas-ferramentas.<sup>10</sup>

Decorrem daí três aspectos que devem ser mencionados. O primeiro refere-se ao fato de a indústria de máquinas-ferramentas tornar-se um canal de disseminação das inovações geradas no complexo eletrônico para outros setores industriais. Como já mencionado anteriormente, o papel central que a indústria de máquinas-ferramentas desempenha entre as atividades da eletromecânica - ao produzir máquinas que fabricam outras máquinas ou outros bens duráveis de consumo - lhe confere a capacidade de difundir as inovações mediante a venda de novas máquinas para os setores usuários. As inovações incorporadas nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas transformam-se, assim, em inovações de processo das demais atividades. Dessa forma, a incorporação de inovações originárias do complexo eletrônico nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas faz com que essa indústria se torne repassadora do progresso técnico gerado nesse complexo às demais atividades industriais.

---

<sup>10</sup> Como amplamente analisado por Laplane (1993), o complexo eletrônico estabelece encadeamentos tecnológicos intensos ao vender seus produtos, difundindo progresso técnico e induzindo mudanças significativas nos produtos e nos processos de fabricação das outras atividades.

O segundo aspecto diz respeito à progressiva desverticalização do processo de fabricação de máquinas-ferramentas, à medida que aumenta a produção de máquinas com comando numérico. As máquinas tornaram-se progressivamente mais complexas, exigindo a incorporação de peças e componentes tecnologicamente mais sofisticados, que, normalmente, são fabricados por firmas especializadas, em sua maioria oriundas do complexo eletrônico. Dessa forma, os fabricantes de máquinas-ferramentas ampliam o montante de peças e componentes adquiridos de outras firmas, além dos que já habitualmente eram comprados de outras firmas, como, por exemplo, os componentes hidráulicos e elétricos. Os novos encadeamentos a montante estabelecidos pelas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas favoreceram a desverticalização do processo de fabricação da indústria em questão.<sup>11</sup>

Por último, os novos encadeamentos que a indústria de máquinas-ferramentas passa a estabelecer a montante na estrutura produtiva se fazem com setores detentores de um novo conhecimento tecnológico. Isso pressupõe uma reação ativa por parte das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas, que implica o desenvolvimento endógeno de capacidades tecnológicas que lhes permitam assimilar e utilizar plenamente o potencial inovador dos sistemas eletrônicos de controle.

---

<sup>11</sup> De maneira desagregada, percebem-se particularidades nos casos nacionais quanto à maior ou menor verticalização do processo produtivo. Sciberras e Payne (1985) mostram que existem diferenças entre empresas e países.

Por outro lado, as inovações nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas determinaram uma modificação qualitativa nas relações decorrentes dos encadeamentos a jusante que essa indústria estabelece com os setores usuários. A fabricação de máquinas com novas especificações, inclusive para solucionar problemas específicos do processo produtivo das empresas compradoras, estimulou uma cooperação entre fabricantes e usuários das máquinas geralmente distinta daquela estabelecida no período em que predominavam as máquinas convencionais, pois um maior acúmulo de novos conhecimentos tecnológicos fez-se necessário. Dessa forma, as relações a jusante estabelecidas pelas empresas que ingressaram na fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico foram qualitativamente modificadas, uma vez que a existência de capacidades tecnológicas acumuladas por parte das firmas passou a ser um dos requisitos necessários para o correto atendimento das necessidades dos usuários. Pode-se, ainda, afirmar que, quanto mais dinâmico e tecnologicamente sofisticado for o mercado, mais intensas serão as relações estabelecidas entre fabricantes e usuários.

Por último, cabe notar que as relações entre empresas, decorrentes da intensificação dos encadeamentos a jusante e a montante com outros setores de atividades, são meios eficientes para a ampliação da capacitação tecnológica das próprias empresas fabricantes de máquinas-ferramentas, pois se constituem em formas eficientes de propagação do conhecimento tecnológico e um

estímulo para o aperfeiçoamento na fabricação de máquinas-ferramentas.<sup>12</sup>

Para finalizar esta seção, gostar-se-ia de frisar que as transformações que ocorreram no interior da indústria de máquinas-ferramentas provocaram uma alteração radical no padrão de concorrência, no qual os seguintes aspectos adquiriram crescente importância para o sucesso das empresas no enfrentamento no mercado:

- a) crescimento da escala de produção;
- b) capacidade de as empresas incorporarem inovações de produto;
- c) crescente importância da automação microeletrônica no processo de fabricação;
- d) intensificação da relação com fornecedores e usuários; e
- e) crescentes exigências de mão-de-obra qualificada.

Os países que tiveram condições de mais rapidamente adequar a estrutura da indústria em questão passaram a apresentar vantagens frente aos demais. Como será visto no item a seguir, grande parte do sucesso da indústria de máquinas-ferramentas do Japão, a partir de meados da década de 70, deve ser atribuído a isso.

---

<sup>12</sup> Como foi visto no Capítulo 1, a troca de informações entre fabricantes e usuários e/ou fornecedores e fabricantes constitui-se num dos mecanismos informais de transmissão do conhecimento privado de tecnologia.

### 2.1.2- O desempenho da indústria

A crise das economias capitalistas nos anos 70, com redução nas taxas de crescimento e nos níveis de investimento, afetou profundamente as atividades da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos.<sup>13</sup> Assim, a queda na demanda de máquinas e o conseqüente aumento da capacidade ociosa na indústria dos países desenvolvidos resultou no acirramento da concorrência entre os diversos fabricantes.

Por outro lado, a rápida difusão de máquinas-ferramentas com comando numérico possibilitou que as inovações de produto e de processo se tornassem instrumentos eficazes para criar vantagens competitivas nas empresas, principalmente após a introdução de microprocessadores na unidade de controle, em meados da década de 70. Esse fato, associado às modificações na estrutura da indústria mencionadas no item anterior, tornou a indústria de máquinas-ferramentas adequada a uma nova base técnica e às exigências dos setores usuários por maior eficiência, automatização e flexibilidade dos equipamentos. Deve-se aqui ressaltar que tanto a difusão de inovações como a adequação da estrutura da indústria de máquinas-ferramentas ocorreram mais rapidamente no Japão. Em meados dos anos 70, quando a indústria de máquinas-ferramentas nos demais países desenvolvidos ainda mantinha características estruturais e formas de atuação no mercado que predominaram nas décadas anteriores, a indústria

---

<sup>13</sup> Uma descrição do desempenho da indústria nos países desenvolvidos encontra-se em UNIDO (1984, p.67-75).

japonesa já apresentava condições mais favoráveis frente aos demais, devido ao rápido processo de reestruturação produtiva levado a efeito.

Nos últimos anos da década de 70, a produção mundial de máquinas-ferramentas iniciou uma fase de retomada do crescimento que, no entanto, foi interrompida em 1981, quando novamente as taxas negativas de crescimento passaram a predominar na maioria dos países desenvolvidos.<sup>14</sup>

A partir de 1984, acompanhando a expansão das economias capitalistas, a produção mundial de máquinas-ferramentas apresentou um significativo crescimento sustentado até 1990. Nos primeiros anos da década de 90, novamente a redução nas taxas de crescimento do setor industrial nos principais países industrializados repercutiu negativamente no desempenho da indústria de máquinas-ferramentas.<sup>15</sup>

Examinando-se o desempenho da indústria de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos, verifica-se que os ritmos de crescimento em cada país foram distintos, o que modificou as posições relativas na produção mundial de máquinas-ferramentas.

---

<sup>14</sup> Conforme dados publicados na American Machinist (vários números), a produção mundial de máquinas-ferramentas passou de US\$ 15,1 bilhões em 1977 para US\$ 26,7 bilhões em 1980 e US\$ 19,5 bilhões em 1983.

<sup>15</sup> Conforme dados publicados na American Machinist (vários números), a produção mundial de máquinas-ferramentas nos anos de 1984, 1990 e 1993 foi de US\$ 19,9 bilhões, US\$ 45,3 bilhões e US\$ 28,2 bilhões respectivamente.

Dentre as alterações na participação relativa dos principais países fabricantes cabe ressaltar que:

- a) o Japão, que ocupava a quarta posição em 1977, passou a liderar a produção mundial a partir de 1982 (Tabela 2.2);
- b) os ganhos relativos do Japão ocorreram num período de declínio marcante da produção mundial;
- c) a queda na participação dos Estados Unidos na produção mundial foi acentuada nos anos 80, passando de primeiro produtor mundial para a quinta posição em 1990 (Tabela 2.2);
- d) o aumento na participação da Alemanha na produção mundial foi marcante a partir de meados dos anos 80, tornando-se o segundo produtor mundial (Tabela 2.2);
- e) ao longo do período, a Itália manteve sua posição de segundo maior produtor europeu de máquinas-ferramentas (Tabela 2.2).

Tabela 2.2

## Participação percentual dos principais países produtores na produção mundial de máquinas-ferramentas – 1977-1993

PAÍSES	1977	1980	1981	1982	1985	1990	1993
Japão	10,6	14,3	18,4	17,3	24,3	24,7	25,3
Alemanha(1)	17,4	17,6	15,3	16,0	14,5	19,3	18,2
Estados Unidos	16,2	18,0	19,5	17,1	12,4	7,8	11,6
União Soviética(2)	14,6	11,5	12,2	13,5	13,9	9,0	2,2
Itália	5,8	6,5	5,3	5,2	5,1	8,3	8,4
Subtotal	64,6	67,9	70,7	69,1	70,2	69,1	65,7
Outros	35,4	32,1	29,3	30,9	29,8	30,9	34,3
TOTAL 100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

FONTE: American Machinist, diversos números.

(1) Alemanha unificada a partir de 1990. (2) Rússia a partir de 1991.

Em grande parte, o relativo declínio da participação dos Estados Unidos tem sido atribuído à estrutura da indústria de máquinas-ferramentas e à organização das suas empresas, que não se adequaram às transformações em curso. Nesse país, essa indústria manteve-se fragmentada, constituída predominantemente por firmas pequenas, geralmente de propriedade familiar, especializadas em uma pequena linha de produtos para um mercado interno particular. Ademais, deve-se ressaltar que, nos Estados Unidos, a pesquisa e o desenvolvimento de novas máquinas se direcionaram preponderantemente para fins militares, sob o estímulo da Força Aérea Americana e das grandes empresas do complexo aeroespacial, integrantes da Aircraft Industries

Association.<sup>16</sup> Essas empresas criaram um mercado para equipamentos sofisticados de alta precisão e para realizar tarefas complexas, desempenhando, assim, um papel importante para preservar a competitividade do *hardware* e do *software* de uso específico e com objetivos de atender a uma demanda restrita. Esse tipo de desenvolvimento tem sido apontado como um dos fatores que vêm limitando a difusão de máquinas-ferramentas com comando numérico na indústria norte-americana, uma vez que a capacidade das máquinas e controles fabricados tende a exceder as necessidades da maioria dos usuários (MARCH, 1989, p.24).

Por outro lado, a indústria de máquinas-ferramentas do Japão optou por uma trajetória diferente da adotada pelos Estados Unidos. Enquanto, neste último país, a prioridade de máquinas sofisticadas para usos específicos - sem uma ampla penetração comercial - tem se mantido ao longo do tempo, no Japão as empresas orientaram-se, inicialmente, para a fabricação de modelos simples, padronizados, de baixo preço e direcionados para atender a uma demanda diversificada. Foi somente em meados da década de 80, que as empresas japonesas começaram a desenvolver máquinas mais sofisticadas, de maior precisão e com controles computadorizados mais avançados.

No que se refere à indústria de máquinas-ferramentas na Alemanha, cabe notar que as empresas se especializaram em

---

<sup>16</sup> O papel da Força Aérea Americana e das grandes empresas do complexo aeroespacial no desenvolvimento inicial das máquinas-ferramentas com comando numérico já foi examinado no Capítulo 1.

equipamentos de alta precisão e, da mesma forma que a indústria japonesa, orientaram uma parcela da sua produção para a exportação. Ademais, resta salientar que o desempenho da indústria de máquinas alemã está fortemente vinculado aos mecanismos adotados para ampliar o fluxo de informações na indústria, principalmente por meio de instrumentos que estimulem a maior cooperação entre fabricantes, fornecedores e usuários, e de um excelente sistema educacional. Tal sistema ampara-se em escolas e institutos técnicos, em universidades e em uma infraestrutura de aprendizagem que prepara técnicos dos diversos níveis para desempenharem funções na indústria. A característica básica desse sistema é a existência de programas de treinamento e de pesquisa estáveis ao longo do tempo e com elevada articulação com a indústria, visando à solução dos problemas apresentados nas tarefas do cotidiano das empresas e o acompanhamento dos desenvolvimentos tecnológicos em curso (DERTOUZOUS, 1989).

Com relação a esses três países (Japão, Estados Unidos e Alemanha), um dos elementos importantes para a explicação do desempenho e do grau de especialização alcançados pela indústria de máquinas-ferramentas em cada um foi a natureza e o ritmo de desenvolvimento das atividades do complexo eletrônico. Conforme observou Laplane (1992, p.239-240),

"O Japão foi claramente o país mais bem-sucedido. O complexo eletrônico japonês conta com uma base doméstica de produção integrada, tem grande abertura para as exportações e gera superávits comerciais

significativos. (...) A conquista da liderança no complexo eletrônico significou, para o Japão, a obtenção de um perfil de especialização na eletromecânica mais "eficiente" que o dos países rivais, em termos do potencial de crescimento e de geração de saldos comerciais favoráveis. A capacidade de inovação e de acumulação do complexo eletrônico constituiu, ademais, um motor eficiente para a revitalização de outros segmentos da eletromecânica japonesa. O aproveitamento da "eletrônica embarcada" para a renovação de produtos e de processos foi instrumento importante para a manutenção da liderança japonesa na automobilística e para o avanço nas máquinas-ferramentas. (...) O complexo eletrônico norte-americano também tinha participação importante na estrutura industrial, no início da década, mas o declínio comercial, nos anos 80, impediu que sua expansão fosse tão significativa como no Japão. As exportações japonesas e de outros países asiáticos ocuparam parcela cada vez mais importante do mercado doméstico norte-americano, não apenas no segmento da eletrônica de consumo - como nos anos 70 - mas também na eletrônica profissional. A base doméstica do complexo eletrônico norte-americano, cada vez mais estreita, concentrou-se em segmentos muito sofisticados dos circuitos integrados, processamento de dados e instrumentos de precisão. Nesses segmentos, as empresas

norte-americanas encontraram apoio nos programas governamentais de fomento da indústria aeroespacial e de armamentos em geral. Na Alemanha, o complexo eletrônico não atinge importância relativa semelhante à do Japão e dos EUA. A base doméstica do complexo eletrônico é relativamente integrada, tanto em virtude das barreiras da CEE às importações de produtos japoneses e asiáticos como da presença de filiais de empresas norte-americanas, principalmente na área de processamento de dados. O desempenho comercial favorável é sustentado basicamente pelos superávits nos instrumentos de precisão. Nessa área, a eletrônica apóia-se na complementaridade com a mecânica sofisticada, a automobilística e os sistemas de automação industrial, indústrias nas quais a eletromecânica alemã tem desempenho favorável".

As vantagens competitivas dos países mencionados acima alteraram-se na medida em que o processo de reestruturação de suas indústrias avançava no decorrer das décadas de 70 e 80. Em função das estratégias adotadas por parte das firmas nos diversos países no período, verificaram-se, também, algumas modificações no comércio mundial de máquinas-ferramentas. O Japão e a Alemanha passaram a disputar o primeiro lugar como líderes nas exportações mundiais ao longo dos anos 80. Isso é particularmente relevante, uma vez que a Alemanha sempre liderou as exportações mundiais desses equipamentos, ao passo que o Japão, no final da década de

60, ainda mantinha um posição secundária nesse mercado. O terceiro e quarto lugar no *ranking* mundial foram ocupados pela Itália e pela Suíça nos anos 80, superando os Estados Unidos, cujas exportações de máquinas-ferramentas sofreram uma queda significativa entre 1966 e 1978 (SCIBERRAS & PAYNE, 1985, p.32). Aqui cabe notar que, as empresas norte-americanas não ingressaram no mercado internacional com produtos competitivos, assim como fizeram o Japão e os principais fabricantes europeus (DERTOUZOUS, 1989, p.246).

Tabela 2.3

Participação percentual dos principais países nas exportações mundiais de máquinas-ferramentas - 1980-1993

PAÍSES	1980	1985	1990	1993
Alemanha Ocidental(1)	25,9	20,3	23,6	22,9
Japão	13,3	22,6	18,7	25,1
Itália	7,4	7,3	8,2	9,6
Suíça	7,6	8,6	12,0	8,2
Estados Unidos	6,9	4,7	5,0	7,0
TOTAL	61,1	63,5	67,5	72,8

FONTE: American Machinist, diversos números.

(1) Alemanha unificada, a partir de 1990.

Entre 1980 e 1983, o valor das vendas totais de máquinas-ferramentas no mercado internacional decresceu. A partir de 1984, constata-se uma recuperação, atingindo um ponto máximo em 1990. O coeficiente de exportação para o conjunto de países produtores

aumentou ao longo da década de 80, alcançando 50% em 1992, o que revela a importância do comércio internacional para a indústria em questão. Entre os principais produtores, a Suíça e a Alemanha Ocidental são os países que apresentaram o coeficiente de exportação mais elevado.

Na Tabela 2.4, verifica-se que a participação dos principais países importadores de máquinas-ferramentas tendeu a se manter estável nos últimos 12 anos, com exceção da China, que, no início dos anos 90, aparece como um dos grandes compradores de máquinas no mercado internacional. Por outro lado, quando se examinam os valores das importações de máquinas de cada país, constata-se que os principais países produtores aumentaram suas importações de máquinas-ferramentas a partir de 1985. No que se refere às importações desses equipamentos como parcela do consumo aparente nos países mais importantes, verifica-se que também crescem no período analisado. Entre os principais fabricantes mundiais, o Japão é o país que tem apresentado o menor coeficiente de importação.

Tabela 2.4

## Participação percentual dos principais países nas importações mundiais de máquinas-ferramentas – 1980-1993

PAÍSES	1980	1985	1990	1993
Estados Unidos	13,4		19,8	12,5
Alemanha Ocidental(1)	8,3	7,3	11,6	9,6
União Soviética(2)	10,2	15,8	10,9	0,3
Itália	3,9	2,2	5,7	5,3
Reino Unido	6,5	7,0	5,1	4,5
França	5,7	4,1	8,9	5,3
China	1,4	2,5	3,0	12,8
Canadá	4,5	3,8	3,5	4,3
TOTAL	53,9		62,5	61,2

FONTE: American Machinist, diversos números.

(1) Alemanha unificada, a partir de 1990.(2) Rússia a partir de 1991.

Do que foi até aqui sucintamente apresentado a respeito da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos, alguns aspectos devem ser ressaltados:

- a) a direção e o ritmo das modificações na estrutura da indústria de máquinas-ferramentas foram dados, inicialmente, pelo Japão na década de 70. Os demais países desenvolvidos (e, posteriormente, os países de industrialização recente) acompanharam tais alterações com uma certa defasagem no tempo e, em grande medida, tiveram como objetivo a adequação de suas indústrias para fazer frente à concorrência dos produtos japoneses no mercado mundial;

- c) a experiência de reestruturação da indústria de máquinas-ferramentas é específica a cada país. Apesar da natureza das modificações ter sido dada pelo Japão, os países tenderam a adequá-las às condições locais (características, organização e experiência acumulada das empresas; encadeamentos interindustriais existentes, tecnologia, etc.) e às circunstâncias externas (em termos de comércio, de tecnologia, etc.);
- c) a especialização por países em tipos específicos de máquinas está fortemente vinculada ao desenvolvimento local das indústrias a montante (em especial, as do complexo eletrônico), à estrutura de demanda interna por máquinas-ferramentas e ao desenvolvimento tecnológico das empresas usuárias dessas máquinas (UNIDO, 1984, p.63).

## **2.2- A indústria brasileira de máquinas-ferramentas**

Diferentemente dos países desenvolvidos, os anos 70 no Brasil foram marcados por um crescimento na demanda de máquinas-ferramentas, resultado dos investimentos realizados sob o impulso do II PND. Por seu turno, a produção desses equipamentos respondeu rapidamente à expansão da demanda, apresentando um crescimento de 2,5 vezes entre 1972 e 1978, enquanto o emprego no

setor dobrou.<sup>17</sup> Essa excelente performance da indústria de máquinas-ferramentas colocou o Brasil entre os principais fabricantes mundiais desses equipamentos.<sup>18</sup>

### 2.2.1- Estrutura da indústria

Até o início dos anos 70, a produção do setor encontrava-se concentrada basicamente em duas empresas de capital nacional (Romi e Nardini). As condições favoráveis ao longo da década possibilitaram a expansão das empresas nacionais já existentes, assim como a entrada em funcionamento de outras que, juntamente com subsidiárias de empresas estrangeiras instaladas na década, passaram a atender a grande parte do mercado interno.

A partir desse período, a indústria em questão tornou-se constituída por empresas nacionais de grande e médio portes, por subsidiárias de empresas estrangeiras, em geral de médio porte, e por firmas pequenas de capital nacional.

---

<sup>17</sup> Conforme a Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos/Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas (ABIMAQ/SINDIMAQ) (1989, p.9), "(...) o vigor do crescimento do setor de bens de capital no Brasil ao longo da década de 70 pode ser mensurado pela produção de tornos, o principal produto na composição do faturamento das empresas, do setor de máquinas-ferramentas. Em 1971, foram produzidos 5.287 tornos e, em 1980, a produção saltou para 12.497 unidades."

<sup>18</sup> Conforme os dados publicados na American Machinist, em 1978, o Brasil ocupava o 14º lugar no ranking mundial de fabricantes de máquinas-ferramentas.

O primeiro grupo, com cerca de 10 empresas nacionais de grande e médio portes, concentra parte de sua produção em máquinas convencionais, especialmente máquinas universais. A partir do final dos anos 70, iniciaram sua atuação no segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico, mediante a produção de máquinas universais com comando numérico, como tornos, fresadoras, retíficas e centros de usinagem de pequeno porte. As empresas que integram esse grupo desenvolveram capacidades tecnológicas, ampliando o conhecimento necessário para a fabricação de produtos tecnologicamente mais avançados. Grande parte dessas capacidades internas foi, inicialmente, o resultado dos esforços realizados para cópia e adaptação de máquinas importadas. Algumas empresas ampliaram, posteriormente, as habilidades e experiências acumuladas nessas atividades com a combinação da cópia e do desenvolvimento próprio de produto com a aquisição de tecnologia no exterior mediante contratos de licenciamento.<sup>19</sup>

As filiais de empresas estrangeiras estão, basicamente, voltadas para a fabricação de máquinas de produção mais sofisticadas e de maior preço.<sup>20</sup> Geralmente, utilizam tecnologia

---

<sup>19</sup> Como afirmam Erber e Verlmum (1992, p.216), "(...) a distinção entre cópia e desenvolvimento próprio é muito tênue. A cópia implica a realização de adaptações no projeto da máquina de acordo com as necessidades do mercado local e com a disponibilidade de suprimento de peças e componentes. O desenvolvimento próprio, por outro lado, não parte de nenhuma idéia original, ele é resultado de um trabalho de engenharia que modifica e adapta um projeto de máquina já existente".

<sup>20</sup> A maioria das filiais de empresas estrangeiras instalou-se no Brasil em meados dos anos 70. Atualmente, são cerca de 10 e, em sua maior parte, de origem alemã e localizadas em São Paulo.

desenvolvida em suas matrizes, embora não produzam internamente os equipamentos mais modernos existentes no mercado internacional. Essas empresas também participam do segmento de máquinas com comando numérico, sendo que algumas já iniciaram suas atividades com a fabricação dessas máquinas e, atualmente, direcionam toda a sua produção para esse tipo de equipamento.

O terceiro grupo inclui um grande número de empresas de capital nacional, predominantemente de pequeno porte, especializadas na fabricação de equipamentos simples do tipo máquinas universais convencionais. Essas empresas não fabricam máquinas-ferramentas com comando numérico e vêm apresentando grandes dificuldades para incorporar tanto as inovações de produto como as de processo.

Considerando-se os dois grandes grupos de máquinas-ferramentas - de corte e de deformação -, verifica-se que a maior parcela da produção brasileira está concentrada nas máquinas de corte, cuja participação no total da produção do setor é semelhante à média mundial. Como mostra a Tabela 2.5, ao longo dos anos 80, inclusive, verificam-se ganhos de participação das máquinas-ferramentas de corte de metal no total das vendas globais da indústria. Em 1990, essas máquinas respondiam por mais de 80% das vendas do setor (em valor e em unidades). Deve-se ressaltar que os tornos são os principais equipamentos vendidos pela indústria, cuja participação nas vendas globais passou de 27% em 1978 para cerca de 50% do total de unidades vendidas em

1990 e para mais de 40% do valor em 1990. Ainda na década de 80, verificou-se um aumento na participação das retificadoras e de outros equipamentos, ao passo que as vendas de serras e furadeiras reduziram-se em relação ao total do valor vendido. No que se refere às máquinas de deformação, a importância relativa das prensas no total de vendas no período foi fortemente reduzida.

Tabela 2.5

Participação percentual nas vendas globais, por tipos de máquinas, no Brasil - 1978-1990

TIPOS DE MÁQUINAS	UNIDADES				VALOR			
	1978	1980	1985	1990	1978	1980	1985	1990
Máquinas de corte	82,3	83,8	81,6	88,2	80,3	76,4	77,8	88,3
Tornos		27,3	18,4	32,3	51,2	40,8	39,6	28,5
43,3								
Serras	5,1	13,8	13,0	8,1	3,1	1,7	1,1	2,0
Furadeiras	25,1	44,2	8,2	15,3	7,3	6,0	3,4	3,2
Fresadoras	2,1	1,6	6,2	3,5	7,8	8,3	10,3	9,0
Mandriladoras	0,2	0,3	0,4	0,3	7,5	3,6	5,6	5,7
Retificadoras	1,1	0,7	2,8	1,7	4,4	3,2	12,5	8,7
Outras		13,3	4,9	18,7	6,8	9,4	14,1	16,4
16,4								
Máquinas de deformação	17,7	16,2	18,4	11,8	19,7	23,6	22,2	11,7
Prensas	10,4	4,8	3,8	3,9	8,5	13,4	11,7	5,7
Máquinas para chapas	4,6	3,1	9,4	7,1	7,5	5,5	3,6	2,7
Outras	2,7	8,4	18,4	0,8	19,7	4,7	6,9	3,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FONTE: MÁQUINAS-FERRAMENTAS para trabalhar metais e carbonetos metálicos. Pesquisa Industrial, ABIMAQ/SINDIMAQ, diversos números.

As informações apresentadas no parágrafo anterior dão um quadro de algumas das modificações experimentadas pela indústria brasileira de máquinas-ferramentas no que se refere aos tipos de máquinas fabricadas e ao incipiente processo de alteração da produção em direção aos equipamentos mais sofisticados, nos anos 80.

Os dois primeiros grupos de empresas mencionados acima representam uma parcela significativa da produção do setor.<sup>21</sup> O ingresso das empresas que integram esses grupos na fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico a partir da segunda metade dos anos setenta alterou o perfil de produção das empresas. Gradativamente, as máquinas-ferramentas com comando numérico passaram a representar uma parcela crescente da produção das principais empresas e, portanto, uma parcela crescente da produção total de máquinas-ferramentas no Brasil. Conforme as informações apresentadas pela pesquisa industrial realizada pela ABIMAQ/SINDIMAQ junto a empresas fabricantes de máquinas-ferramentas para trabalhar metais e carbonetos metálicos, as máquinas-ferramentas com comando numérico representavam cerca de 7% do valor das vendas totais de máquinas-ferramentas com arranque de cavaco em 1980, passando para 12% em 1985 e para 35%

---

<sup>21</sup> As cinco empresas mais importantes do setor, das quais três são filiais de empresas alemãs, representam um terço do valor da produção da indústria (ERBER, 1989, citado por TAUILE, ERBER, 1990).

em 1990.<sup>22</sup> Considerando-se isoladamente os centros de usinagem e os tornos com comando numérico, por serem os principais tipos de máquinas-ferramentas fabricados com comando numérico no país, verifica-se que os primeiros respondiam por 2% do valor das vendas totais de máquinas de corte em 1980, passando para 4% e 9% em 1985 e em 1990 respectivamente. Já os tornos aumentaram sua participação de 2% no valor dessas vendas em 1980 para 4% em 1985 e 18% em 1990. Deve-se notar que os tornos com comando numérico atingiram 37% do valor das vendas totais de tornos fabricados no país em 1990, ao passo que representavam somente 5% em 1980.

A Tabela 2.6 mostra a evolução da produção de máquinas-ferramentas com comando numérico no país, onde se deve notar a nítida aceleração na primeira metade dos anos 80, já referida acima. O aumento da produção interna desses equipamentos representou uma contribuição decisiva para a ampliação do parque instalado de máquinas-ferramentas com comando numérico no país, pois o ritmo de crescimento das importações foi inferior ao da produção local.

---

<sup>22</sup> Os dados apresentados na Pesquisa Industrial realizada anualmente pela ABIMAQ/SINDIMAQ são as únicas informações desagregadas referentes à indústria de máquinas-ferramentas do país. No entanto, como já mencionado no estudo de Erber e Verlmum (1992), devem ser considerados com ressalvas, visto que o número de empresas informantes varia de ano para ano. "Para exemplificar, a Pesquisa Industrial apresentada no seu boletim n° 5, referente aos anos de 1978 a 1980 conta com informações de 142 empresas; a Pesquisa Industrial de n° 14, relativa a 1989-1990 conta com informações de apenas 52 empresas, sendo que, em 1990, a ABIMAQ tinha no seu quadro associativo cerca de 200 empresas produtoras de máquinas-ferramentas" (ERBER, VERLMUM, 1992, p.177).

Tabela 2.6

Produção, importação e número de máquinas-ferramentas com comando numérico e comando numérico computadorizado no Brasil – 1979-1989

(unidades físicas)

ANOS	PRODUÇÃO LOCAL	IMPORTAÇÃO	TOTAL	Nº DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS EXISTENTES
1979(1)	110	274	384	384
1980	172	306	478	862
1981	69	55	124	986
1982	120	30	150	1 136
1983	150	30	180	1 316
1984	153	53	206	1 522
1985	413	60	473	1 995
1986	833	180	1 013	3 008
1987	1 018	150	1 168	4 176
1988	742	...	742	4 918
1989	1 052	...	1 052	5 970

FONTE: Sobracon apud Laplane (1990, p.46).

(1) Acumulado.

Até 1979, foram produzidas 110 máquinas-ferramentas com comando numérico e, até 1989, cerca de 4.800, que respondiam por uma parcela crescente da demanda local de máquinas-ferramentas. Deve-se ressaltar que os dois anos de maior produção foram 1987 e 1989, quando foram fabricadas mais de 1.000 unidades por ano.

Em 1986, existiam cinco fabricantes de centros de usinagem no país, passando para 10 em 1989, os quais fabricavam 41 modelos desse equipamento.<sup>23</sup> No que se refere aos tornos com comando

<sup>23</sup> Dados de Máquinas e Metais (1989), citado em Laplane (1989).

numérico computadorizado, em 1989, 41 modelos eram fabricados por seis empresas. Quanto às fresadoras com comando numérico computadorizado, o país contava, nesse mesmo ano, com oito fabricantes de 36 diferentes modelos.<sup>24</sup>

Assim, algumas empresas do setor experimentaram um processo de aprendizado intenso, que lhes deu condições para atuarem no mercado de máquinas-ferramentas computadorizadas. Durante o período em que vigorou a reserva de mercado para a produção de comando numérico para empresas nacionais, as subsidiárias de empresas estrangeiras viram-se obrigadas a desenvolver localmente capacidades tecnológicas com o intuito de adequar seus produtos aos componentes eletrônicos disponíveis no mercado interno, em particular as unidades de controle. A transferência de tecnologia foi utilizada também pelas firmas nacionais, mediante o licenciamento de tecnologia no exterior, embora algumas empresas tenham optado pelo desenvolvimento de modelos próprios. Aqui, cabe notar que a principal empresa de capital nacional produzia as unidades de comando numérico para serem utilizadas em suas máquinas. As empresas que já possuíam capacitação técnica, experiência acumulada no setor e um volume de recursos financeiros capaz de enfrentar os custos elevados com pesquisa e desenvolvimento passaram a sistematizar essas atividades por meio de departamentos especializados.

---

<sup>24</sup> Dados do **Anuário de Produtos e Serviços 1989**, da revista **Automação e Indústria**, citado em Laplane (1989).

Tendo em vista que as inovações de produto foram incorporadas somente por um grupo restrito de empresas da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, verificou-se, ao longo dos anos 80, um maior distanciamento entre essas unidades produtivas e as demais firmas do setor, notadamente as de menor porte e de capital nacional, que não ingressaram no segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico. Ou seja, as diferenças anteriormente já existentes entre as firmas da indústria - relativas ao tamanho, ao tipo de produtos fabricados, ao nível de capacidades tecnológicas acumuladas, etc. - tenderam a se acentuar ao longo da década.

Por sua vez, foram as próprias diferenças existentes entre as firmas que influenciaram os distintos graus de absorção de inovações. A natureza cumulativa do progresso técnico faz com que o conhecimento e as capacidades tecnológicas que uma firma necessita para avançar na direção de produtos tecnologicamente mais sofisticados dependa, em grande medida, do conhecimento, das habilidades e das experiências acumulados anteriormente, ao longo da trajetória de crescimento da firma. Assim, o processo de inovação tecnológica é, por si, gerador de assimetrias entre firmas de uma mesma indústria, as quais conferem vantagens

competitivas às empresas que mais rapidamente avançam.<sup>25</sup>

No caso específico da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, pode-se inferir que as assimetrias geradas pelo processo de inovação tecnológica foram mais acentuadas do que nos países desenvolvidos. Além dos aspectos tecnológicos acima mencionados, convém explicitar outros, também importantes para o entendimento dessa questão. Trata-se de aspectos relacionados à própria crise econômica do país, à ausência de política industrial e às características da demanda interna de máquinas-ferramentas.

Em primeiro lugar, a severa recessão econômica dos primeiros anos da década de 80 afetou, sobremaneira, as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas. Entretanto, devido às condições internas diferenciadas das empresas, os efeitos da crise nas empresas do setor não foram homogêneos. As empresas de maior porte (de capital nacional ou subsidiárias de empresas estrangeiras), que apresentavam uma situação financeira menos vulnerável e/ou que já haviam ingressado num processo de maior atualização tecnológica, tiveram condições de reagir à conjuntura

---

<sup>25</sup> Conforme Possas (1989, p.169), as assimetrias tecnológicas entre as firmas de uma indústria são "(...) diferenças entre firmas que dizem respeito à capacidade tecnológica para inovar; aos distintos graus de sucesso na adoção e desenvolvimento de inovações de produtos e de processos; e às estruturas de custo. Apesar das óbvias implicações destes fatores no desempenho econômico, eles têm natureza essencialmente tecnológica e dão conta precisamente da influência da tecnologia como arma competitiva apoiada em elementos intrafirma, em lugar da imagem convencional de uma oferta tecnológica exógena, homogênea ao nível da indústria, e portanto neutra do ponto de vista competitivo".

adversa mediante a intensificação da produção de máquinas-ferramentas com comando numérico.<sup>26</sup> Como mostram os dados das Tabelas 2.6 e 2.7, enquanto a produção total da indústria decrescia, as vendas de máquinas-ferramentas com comando numérico aumentavam.<sup>27</sup>

Concomitantemente, verificou-se a gradativa desarticulação da política industrial adotada na década anterior, sem a criação de novos instrumentos que apoiassem a reestruturação do setor e a difusão de inovações. O desmonte da estrutura de incentivos fiscais e de subsídios fiscais e creditícios já no início da década de 80 afetou, sobretudo, as empresas do setor cujas atuações no mercado eram fortemente dependentes desses mecanismos. Provavelmente, as empresas de menor porte e de capital nacional foram as mais atingidas, uma vez que dependiam largamente dos incentivos e dos subsídios para a manutenção da rentabilidade.

Adicionalmente, cabe notar, ainda, que as características da demanda interna de máquinas-ferramentas permitiram que, mesmo sem incorporar as inovações de produto, algumas empresas encontrassem espaço no mercado interno para permanecer ofertando os

---

<sup>26</sup> Ver, a esse respeito, o trabalho de Erber e Verlimum (1992).

<sup>27</sup> Em 1984, a participação de máquinas-ferramentas com comando numérico no valor total das vendas da indústria alcançou 35,8%, conforme as informações da pesquisa industrial da ABIMAQ/SINDIMAQ.

equipamentos convencionais,<sup>28</sup> pois o processo de atualização tecnológica das empresas usuárias de máquinas-ferramentas no país ficou restrito a um conjunto limitado de empresas e/ou setores. Por seu turno, isso realimentou a heterogeneidade tecnológica das firmas produtoras de máquinas-ferramentas, ao oportunizar que os fabricantes de máquinas convencionais mantivessem as mesmas linhas de produção.

A despeito das considerações dos parágrafos anteriores referentes à alteração no perfil de produção de algumas empresas e ao aumento da heterogeneidade tecnológica entre as firmas da indústria, a difusão de inovações de produto nas principais empresas não significou alterações profundas na estrutura da indústria brasileira de máquinas-ferramentas como ocorreu, inicialmente, no Japão e, depois, nos demais países desenvolvidos. Foi mantido o mesmo formato estrutural que caracterizou o período que antecedeu tal difusão, cujas principais características são: grande diversificação da produção, escalas de produção reduzidas e um grau de verticalização elevado.<sup>29</sup>

Como já apontado anteriormente, as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos apresentaram uma

---

<sup>28</sup> Como será visto mais adiante, mesmo no mercado internacional as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas convencionais encontraram espaço para continuar atuando.

<sup>29</sup> Diversos estudos já examinaram as principais características estruturais da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, cabendo mencionar Erber e Vermulm (1992), BNDES (1988), Laplane (1989 e 1990).

tendência a aumentar a especialização de sua produção num número mais restrito de máquinas, principalmente após o início da fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico. No Brasil, diferentemente do ocorrido nesses países, as empresas mantiveram uma elevada diversificação na sua linha de produtos.<sup>30</sup> Grande parcela das empresas fabrica mais de duas ou três famílias de máquinas, com vários modelos em cada uma delas.<sup>31</sup> Isso obstaculiza a presença de economias de escala, ao mesmo tempo em que dificulta o próprio desenvolvimento tecnológico das empresas, pois a redução no número de diferentes tipos de máquinas fabricadas permite a concentração dos esforços tecnológicos das empresas.<sup>32</sup> Aqui, cabe ressaltar que, de um modo geral, as empresas estrangeiras do setor possuem menor diversificação do que as nacionais, inclusive as de maior porte e que já fabricam máquinas-ferramentas com comando numérico.<sup>33</sup>

Como principal causa da elevada diversificação de produtos na indústria de máquinas-ferramentas do país, deve-se apontar o

---

<sup>30</sup> Ver, a esse respeito, o trabalho de Erber e Vermulm (1992, p.181 e p.229).

<sup>31</sup> Os resultados da pesquisa de campo junto a empresas localizadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo, analisados no Capítulo 3, confirmam essa informação já detectada em outros estudos referentes à indústria brasileira de máquinas-ferramentas.

<sup>32</sup> A natureza familiar das direções da maioria das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de capital nacional parece impedir quaisquer iniciativas de fusões, associações ou programas conjuntos entre empresas que viabilizem ações para superar tais empecilhos.

<sup>33</sup> Além dos demais estudos que apontaram essa diferença entre as empresas estrangeiras e nacionais, pode-se identificá-la mediante o exame dos catálogos de máquinas-ferramentas brasileiras publicados pela ABIMAQ/SINDIMAQ.

tamanho limitado do mercado interno. Apesar de a maioria das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Brasil (inclusive as subsidiárias de empresas estrangeiras) reconhecer o mercado brasileiro como um mercado em potencial, com grandes possibilidades de crescimento, a crise econômica do país nos anos 80 e as instabilidades daí decorrentes o tornaram bastante reduzido. As empresas, por não conseguirem manter o nível de atividades e as escalas de produção com um número limitado de famílias de máquinas, ampliaram ou mantiveram a quantidade de tipos diferenciados de máquinas fabricadas. Isso, por sua vez, como já mencionado, dificulta o desenvolvimento tecnológico das firmas e quaisquer avanços na direção do aperfeiçoamento dos processos de fabricação e das máquinas produzidas.

Adicionalmente, é importante ressaltar que a produção de máquinas-ferramentas no país esteve, desde a fase inicial das empresas, basicamente voltada para o atendimento do mercado interno. Foi somente a partir do final dos anos 80, que algumas empresas iniciaram um movimento para direcionar parcela de sua produção para o mercado externo, o que pode contribuir para a ampliação das escalas de produção.

Por outro lado, diversos estudos já mostraram que o grau de verticalização das empresas da indústria em questão (inclusive das empresas estrangeiras) é muito grande quando comparado com os fabricantes do exterior. Desde o início das atividades, as firmas procuraram internalizar a fabricação de peças e componentes

necessários à produção das máquinas-ferramentas, inclusive várias unidades produtivas possuem fundição própria.

Ao discutir essa questão, Cruz (1983) apontou duas possíveis explicações. A primeira, considerada o ponto fundamental, diz respeito à origem do setor no Brasil. Em suas palavras,

"(...) o setor de máquinas-ferramentas no país iniciou suas atividades com duas unidades relativamente grandes dentro de um ambiente tecnológico pouco desenvolvido, o que significava a ausência de um número de fornecedores capazes de oferecer serviços em prazos, preços e qualidades satisfatórios. Como estas duas firmas tinham porte relativamente grande, podiam internalizar muitas atividades, absorvendo parte não desprezível dos ganhos de escala a elas inerentes e, o que é ainda mais importante, não tinham outras alternativas. E muitas firmas integrantes do setor tiveram origem em outras atividades, recebendo vários serviços como herança, tal como ocorre com as fundições, desde o momento de produzir máquinas-ferramentas" (CRUZ, 1983, p.509).

Uma segunda explicação refere-se às questões de qualidade, prazo de entrega e custo dos componentes e das peças fornecidos por outras firmas. Segundo Cruz (1983), as firmas fornecedoras têm apresentado dificuldades em atender a esses requisitos de forma que compense a contratação de serviços de terceiros.

Notadamente a partir da liberalização das importações no início dos anos 90, as empresas iniciaram um processo em direção a uma maior desverticalização das atividades, alterando o quadro descrito nos parágrafos anteriores. A maior concorrência no mercado e o acesso facilitado ao mercado internacional induziram os fabricantes de máquinas-ferramentas do país a ampliarem as aquisições de peças e componentes, principalmente os que são ofertados por fornecedores locais, que, ao longo das últimas décadas, adquiriram a capacitação necessária para a fabricação eficiente de tais componentes, e aqueles que se encontram disponíveis no mercado internacional sob a forma normatizada. Todavia cabe registrar que o processo de desverticalização que vem ocorrendo nas principais empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do país é, ainda, incipiente quando comparado com a tendência internacional.<sup>34</sup> Diversos estudos já mostraram tal fato, e, como será visto mais adiante, também os resultados da pesquisa de campo realizada para este trabalho comprovaram que as empresas do setor recém iniciaram um processo de desverticalização de suas atividades.

Sintetizando, o impacto da difusão de inovações de produto na indústria brasileira de máquinas-ferramentas ficou restrito a um número limitado de empresas, não repercutindo na estrutura do setor. Somente algumas empresas fortaleceram suas vantagens em

---

<sup>34</sup> Com relação ao grau de desverticalização das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos, ver o item 2.1.1, no presente capítulo.

termos do potencial decorrente da capacitação tecnológica desenvolvida e da ampliação de seus mercados ao ingressarem no segmento das máquinas-ferramentas com comando numérico, vis-à-vis às demais. Entretanto a manutenção das características estruturais da indústria vem obstaculizando a diminuição da heterogeneidade tecnológica da indústria e do gap tecnológico existente em relação aos fabricantes de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos.

#### 2.2.2- O desempenho da indústria

No decorrer dos anos 70, a produção da indústria brasileira de máquinas-ferramentas experimentou um rápido crescimento sustentado até 1980, como é possível visualizar-se na Tabela 2.7.<sup>35</sup> Nesse período, o ritmo de inovação tecnológica nos produtos foi relativamente acelerado, passando os equipamentos fabricados no país a contarem com maior sofisticação e qualidade, aproximando-se do padrão internacional (CRUZ, 1983). Como já referido acima, o início da fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico no país ocorreu nessa época.

---

<sup>35</sup> As informações que constam nos **Indicadores Conjunturais** da ABIMAQ/SINDIMAQ são fornecidas por uma amostra fixa de empresas, não apresentado os problemas de amostragem da Pesquisa Industrial referidos na nota de rodapé 22. No entanto, como mostram Erber e Verlmum (1992, p.178), as estimativas feitas para a produção industrial são precárias, uma vez que são elaboradas por meio de uma função de produção, baseada nos índices de horas trabalhadas na produção e do consumo de energia elétrica na produção.

Na década seguinte, enquanto a indústria de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos recuperava seu crescimento, marcado por profundas transformações tecnológicas, a brasileira ingressava num período recessivo, seguido de grandes instabilidades, resultante da profunda crise econômica do país.<sup>36</sup> Deve-se salientar que a instabilidade do setor esteve também ligada ao superdimensionamento do mercado de bens de capital, ampliado durante o II PND para respaldar a expansão da infraestrutura, da siderurgia e da energia.

A contração das atividades industriais nos três primeiros anos da década de 80 atingiu fortemente a indústria de máquinas-ferramentas. Como mostra a Tabela 2.7, a produção e o emprego decresceram cerca de 50% entre 1980 e 1983. A partir de 1984, começou uma fase de retomada do crescimento, estimulada, inicialmente, pelos setores exportadores e, depois, pelas atividades voltadas para atender ao crescimento do mercado interno, bem como em função de projetos de modernização de alguns segmentos industriais do país. No entanto foi somente em 1987-88

---

<sup>36</sup> A relativa estagnação da economia brasileira nos anos 80 traduziu-se em menores níveis de investimento em relação ao PIB. Como mostra Suzigan (1992, p.96), "(...) após ter atingido a média anual de 24% no período 1974-80, a formação bruta de capital fixo (FBCF) como proporção do PIB (preços constantes) caiu para 17,6%, em média, no período 1981-90 como reflexo do desequilíbrio das finanças públicas, da inversão do fluxo de recursos externos, e do comportamento defensivo das empresas privadas em face da conjuntura instável, das incertezas quanto à política econômica e da ausência de uma estratégia de política industrial e tecnológica. (...) Adicionalmente, é importante observar que o investimento em máquinas e equipamentos como proporção da FBCF, que era de cerca de 40% em média nos anos 70, caiu continuamente nos anos 80 até atingir 25,6% em 1987, voltando a subir em 1988-90".

que a produção de máquinas-ferramentas recuperou um nível ligeiramente superior ao de 1980. A partir daí, constata-se uma redução acentuada na produção e no emprego da indústria até os primeiros anos da década de 90. Em 1994, houve uma reversão no desempenho da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, quando a produção novamente passou a experimentar taxas positivas de crescimento, recuperando um nível superior ao de 1990, entretanto abaixo do verificado em 1980.

Tabela 2.7

Índices de produção e de emprego da indústria brasileira  
de máquinas-ferramentas – 1972-1992.

ANOS	ÍNDICE DE PRODUÇÃO	ÍNDICE DE EMPREGO
1972	48,5	67,6
1975	79,3	105,4
1976	88,0	113,1
1977	105,4	120,0
1978	121,8	129,3
1979	131,5	135,1
1980	138,8	141,3
1981	120,5	129,6
1982	85,0	94,4
1983	65,9	72,0
1984	73,1	74,8
1985	103,4	101,0
1986	126,8	126,3
1987	144,1	142,7
1988	144,2	140,9
1989	118,4	117,6
1990	100,0	100,0
1991	87,9	78,4
1992	71,9	62,2
1993	79,6	57,8
1994	116,0	60,3

FONTE: INDÚSTRIA de bens de capital mecânicos. **Indicadores conjunturais,**  
ABIMAQ/SINDIMAQ, diversos números.

NOTA: Base 1990=100.

Dois aspectos referentes ao desempenho da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, descrito no parágrafo anterior, devem ser ressaltados, quais sejam:

- a) o comportamento do emprego nas diversas fases de crescimento e de retração da produção da indústria no período em foco; e
- b) o crescimento (ou queda) da produção da indústria no país em comparação com o desempenho do setor nos principais produtores mundiais.

Com relação ao primeiro aspecto, cabe notar que, de um modo geral, o emprego da indústria em questão acompanhou *pari passu* o comportamento da produção até 1990, ou seja, as variações no emprego foram relativamente proporcionais aos aumentos e às quedas na produção. Por exemplo, durante a primeira crise enfrentada pela indústria nos anos 80, a produção diminuiu cerca de 29% e 22%, e o emprego, 27% e 23%, em 1981-82 e 1982-83 respectivamente: no período de retomada do crescimento da indústria, em 1984-85, a produção de máquinas-ferramentas aumentou 41%, e o emprego, 35%; já em 1988-89 e 1989-90, a queda na produção foi de cerca de 18% e 15% respectivamente, enquanto o emprego diminuiu em torno de 16% e 15% nesses anos.

A partir de 1991, verifica-se que, via de regra, as alterações na produção não foram acompanhadas por modificações proporcionais no emprego. Assim, as diminuições no emprego foram

mais significativas do que a queda na produção, ao passo que os aumentos na produção foram acompanhados por acréscimos notadamente menores no emprego. Por exemplo, em 1990-91, a produção da indústria brasileira de máquinas-ferramentas caiu 12%, enquanto o emprego diminuiu cerca de 21%; a recuperação da produção em cerca de 45% em 1993-94 significou uma aumento no emprego de apenas 4%.

Em suma, com base nas informações descritas nos parágrafos anteriores, pode-se inferir que, a partir dos primeiros anos da década de 90, a indústria brasileira de máquinas-ferramentas ingressou num período de reorganização interna das empresas que conduziu a crescentes aumentos na produtividade da mão-de-obra.<sup>37</sup> Pode-se dizer, inclusive, que esse movimento em direção a aumentos na produtividade foi coerente com o comportamento da indústria brasileira como um todo. Como afirmam Amadeo e Villela (1994),

"Um resultado auspicioso emerge da comparação dos dados de produtividade nos períodos 1984/88 e 1988/92. Para a totalidade da indústria de transformação, observou-se, entre 1985 e 1988, uma queda de 0,76% a.a. da produtividade-hora e um ligeiro aumento da produtividade-homem (+0,12% a.a.). No período recente, porém, a produtividade-hora expandiu-se 19% (4,45%

---

<sup>37</sup> Os resultados da pesquisa de campo realizada em empresas fabricantes de máquinas-ferramentas localizadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo, que serão apresentados nos próximos capítulos, confirmam esse fato detectado aqui de uma forma agregada.

a.a.), ao passo que a produtividade-homem crescia 2,45% a.a. (...) Apenas nos dois últimos anos (1990-92) a produtividade-homem da indústria de transformação elevou-se em expressivos 13,4% (6,49% a.a.), ao passo que a produtividade-hora crescia 14,7% (7,08% a.a.)" (AMADEO, VILLELA, p.56, 1994).<sup>38</sup>

No que se refere ao segundo aspecto mencionado acima, qual seja, o crescimento (ou queda) da produção na indústria brasileira de máquinas-ferramentas em comparação com o desempenho do setor nos principais produtores mundiais, cabe examinar as distintas fases de crescimento: 1981-83, 1984-88, 1989-92 e pós 92.

Em primeiro lugar, a crise interna no país, nos primeiros anos da década de 80 coincidiu com uma crise do setor a nível mundial.<sup>39</sup> Dessa forma, as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Brasil, além de enfrentarem a retração do mercado interno, não tiveram condições de intensificar suas exportações, as quais vinham aumentando desde o final dos anos 70, apesar do coeficiente de exportação ainda ter se mantido baixo em comparação com outros países.<sup>40</sup> Como será visto mais adiante, as

---

<sup>38</sup> Produtividade/hora corresponde à produção física/número de horas pagas na produção, e produtividade/homem, à produção física/pessoal ocupado na produção.

<sup>39</sup> Entre 1980 e 1983, a produção mundial de máquinas-ferramentas decresceu cerca de 27% e, no Brasil, a produção desses equipamentos caiu cerca de 50%.

<sup>40</sup> Ver Tabelas 2.8 e 2.9.

máquinas exportadas eram, basicamente, convencionais e tecnologicamente pouco sofisticadas, sendo destinadas, principalmente, para o mercado latino-americano. Como a crise econômica desse período afetou igualmente os demais países da América Latina, as empresas ficaram impossibilitadas de ampliar suas vendas externas.<sup>41</sup> Por outro lado, a indústria brasileira de máquinas-ferramentas, mesmo na produção desses equipamentos convencionais, ainda não apresentava competitividade externa suficiente para conquistar outros espaços no mercado internacional (ERBER, VERLMUM, 1992, p.195). Adicionalmente, a situação interna fortemente fragilizada de algumas empresas (inclusive, algumas que já haviam se direcionado para o mercado externo) impedia quaisquer ações direcionadas para a conquista de novos espaços no mercado externo, as quais, normalmente, implicam custos adicionais com pessoal encarregado dessas vendas, novas estratégias de comercialização, etc.

Em segundo lugar, no período de recuperação do crescimento da indústria de máquinas-ferramentas a nível mundial - 1984-90<sup>42</sup>, a produção aumentou de forma significativa, acompanhada por crescentes incorporações de inovações de produto e de processo e por modificações na estrutura de indústria. Como já ressaltado anteriormente, as máquinas com comando numérico passaram a

---

<sup>41</sup> Merece destaque a situação do México - grande importador de máquinas brasileiras -, que, ao decretar a moratória de sua dívida externa, em setembro de 1982, interrompeu todas as suas importações, colocando algumas empresas brasileiras em situação financeira muito difícil.

<sup>42</sup> Cabe notar que, no Japão e na Alemanha, que representavam mais de 40% da produção mundial, o crescimento foi mantido até 1991.

dominar o mercado, dando o ritmo de crescimento e as novas bases de concorrência. No Brasil, o crescimento na produção da indústria de máquinas-ferramentas manteve-se somente até 1988 e não apresentou a magnitude e as características do crescimento verificado nos principais países produtores de máquinas-ferramentas. Apesar de a indústria do país já ter ingressado no segmento de mercado de máquinas com comando numérico, a produção desses equipamentos ainda estava restrita a um número limitado de empresas que haviam apresentado condições para intensificar a fabricação dessas máquinas como uma alternativa à crise do início da década.

Já no que se refere ao período 1989-91, não houve coincidência de crise interna e externa. Enquanto a produção mundial de máquinas-ferramentas continuava apresentando taxas de crescimento positivas, no Brasil o setor ingressava numa nova fase de queda na produção. No entanto, diferentemente da primeira crise do início da década de 80, as empresas brasileiras intensificaram suas estratégias de vendas externas ainda baseadas, fundamentalmente, na exportação de máquinas convencionais.

Tendo em vista a breve caracterização das diversas fases de crescimento da indústria de máquinas-ferramentas no Brasil em comparação com a produção mundial, verifica-se que a abertura do mercado interno, a partir de 1990, coincidiu com os últimos anos da segunda crise de retração do mercado interno, com a retomada

do crescimento em 1993-94 e, do ponto de vista externo, com o final do período de crescimento da produção mundial. Assim, as empresas localizadas no país encontravam-se numa situação bastante fragilizada, a despeito de algumas já terem iniciado um processo de modernização de suas atividades, com fortes repercussões em seus níveis de produtividade e nas condições de competitividade. Por outro lado, o grande estoque de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos induzia as empresas a buscarem novos mercados como alternativa para suas vendas. Em decorrência, a concorrência acirrou-se, tanto no mercado interno quanto no externo, inclusive no segmento de máquinas convencionais, dada a crescente importância conquistada pelos países asiáticos.

A seguir, passam a ser examinadas as alterações nas transações comerciais do setor com o exterior a partir do início dos anos 80. As exportações alcançaram um ponto máximo em 1980-81, decresceram abruptamente em 1982, recuperando o crescimento no final da década sem, no entanto, atingir os níveis de 1981, que foram superados somente em 1993, como mostram os dados da Tabela 2.8.

Tabela 2.8

## Exportações brasileiras de máquinas-ferramentas – 1978-1992

ANOS	MÁQUINAS DE DEFORMAÇÃO		MÁQUINAS DE CORTE		TOTAL	
	Unidades (mil)	Valor (US\$ milhões)	Unidades (mil)	Valor (US\$ milhões)	Unidades (mil)	Valor (US\$ milhões)
1978	2,0	4,2	10,4	15,9	12,4	20,1
1979	4,0	7,7	18,0	31,5	22,0	39,2
1980	5,4	14,3	25,3	57,2	30,7	71,5
1981	5,7	20,9	17,7	53,0	23,4	73,9
1982	2,1	3,2	4,8	17,7	6,9	20,9
1983	0,5	2,3	4,3	21,8	4,8	24,2
1984	0,6	1,8	5,8	18,5	6,4	20,2
1985	1,4	22,5	3,7	5,5	5,1	28,1
1986	1,6	14,5	6,5	11,8	8,1	26,3
1987	2,4	13,6	4,3	10,9	6,7	24,5
1988	3,4	20,8	4,4	19,3	7,8	40,0
1989	0,1	7,0	2,0	23,6	2,1	30,6
1990	0,0	2,6	3,1	34,8	3,1	37,3
1991	3,9	24,7	4,5	43,7	8,4	68,4
1992	7,8	40,7	7,3	24,5	15,1	65,2
1993	13,1	40,8	17,0	34,0	74,8	74,8

FONTE: MÁQUINAS-FERRAMENTAS para trabalhar metais e carbonetos metálicos. Pesquisa Industrial, ABIMAQ/SINDIMAQ, diversos números. DTIC-Secex/MICT.

Ao longo desse período, dois fatos devem ser ressaltados, a saber: alterações no coeficiente de exportação da indústria do país e modificações no destino das exportações brasileiras de máquinas-ferramentas.

Como pode ser visualizado na Tabela 2.9, no Brasil, a indústria de máquinas-ferramentas possui um baixo coeficiente de exportação em relação ao apresentado pelos principais produtores

mundiais desses equipamentos.<sup>43</sup> Ou seja, a produção do setor esteve basicamente voltada para o atendimento do mercado interno. Após uma queda, as exportações cresceram, resultando no aumento do coeficiente de exportação a partir dos primeiros anos da presente década, que alcançou seu ponto máximo em 1993. Todavia cabe registrar que o maior grau de abertura da indústria em questão decorreu muito mais da retração no mercado interno do que de aumentos significativos no nível de exportação.<sup>44</sup>

Tabela 2.9

Coeficientes de exportação em países  
selecionados – 1980-1993

PAÍSES	1980	1985	1988	1993
Brasil	22.8	10.9	7.5	23.0
Estados Unidos	16.3	16.6	30.5	30.8
Japão	39.8	41.1	37.4	50.9
Alemanha(1)	63.0	62.2	61.9	64.7
Itália	49.1	63.4	49.6	58.8

FONTE: American Machinist, diversos números.

DTIC-Secex/MICT.

(1) A partir de 1991, Alemanha unificada.

43 Conforme os dados publicados na American Machinist, o coeficiente de exportação médio para o total dos países produtores de máquinas-ferramentas era de cerca de 43% ao longo da década de 80 e de 50% em 1992 e 1993.

44 Ver, a esse respeito, Erber, Verlmum (1992, p.208).

No que se refere ao destino das exportações brasileiras de máquinas-ferramentas, os países latino-americanos eram o principal mercado para os produtos do país até o início da década de 80, como mostra a Tabela 2.10. Inclusive, grande parte da abrupta queda nas exportações brasileiras de máquinas deve ser atribuída à interrupção nas compras externas por parte desses países, devido à profunda crise econômica do período.

Tabela 2.10

Exportações brasileiras de máquinas-ferramentas  
segundo os países de destino - 1980-1993

	(%)			
PAÍSES DE DESTINO	1980	1985	1988	1993
América Latina	71,5	11,9	7,6	18,9
México	56,8	6,0	1,4	4,5
Peru	6,4	0,7	1,0	0,2
Argentina	2,7	3,0	2,1	9,2
Chile	1,4	0,5	2,3	3,4
Uruguai	2,6	0,1	0,3	0,3
Paraguai	1,6	1,6	0,5	1,3
Demais países	28,5	88,1	92,4	81,1
Estados Unidos	7,6	65,6	63,3	56,9
Alemanha	2,9	3,5	6,0	4,2
Outros	18,0	19,0	24,1	20,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

FONTE: DTIC-Secex/MICT

A partir da segunda metade da década de 80, houve uma reorientação no destino das exportações brasileiras de máquinas-

ferramentas. Os Estados Unidos e alguns países europeus tornaram-se os mercados preferenciais, ao passo que, até o início da década de 80 estes eram o México e os demais países latino-americanos.

Examinando-se o intercâmbio comercial brasileiro de máquinas-ferramentas a partir de 1980, detecta-se que grande parte das exportações do país foi de máquinas convencionais pouco sofisticadas, como os tornos paralelos horizontais tipo universal, os tornos horizontais monofusos e as máquinas para forjar, prensar, martelar e estampar.<sup>45</sup>

No entanto, tomando-se como base o número de rubricas da Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM), verifica-se uma diversificação crescente na pauta de exportações de máquinas-ferramentas do Brasil a partir da segunda metade dos anos 80.<sup>46</sup> Em 1985, a indústria brasileira de máquinas-ferramentas exportou 59 diferentes tipos de máquinas, aumentando para 83 em 1991, 94

---

45 Os tornos paralelos horizontais tipo universal e os tornos horizontais monofusos representavam 52% do valor das exportações de máquinas-ferramentas em 1980, 27% em 1985, 20% em 1991 e 7% em 1993. As máquinas para forjar, prensar, martelar e estampar eram responsáveis por 11% dessas exportações em 1980, 52% em 1985, 29% em 1991 e 44% em 1993.

46 Considera-se aqui somente a exportação brasileira de máquinas-ferramentas para trabalhar metais e carbonetos metálicos, que corresponde à categoria 84.45 a oito dígitos da Nomenclatura Brasileira de Mercadorias até 1988 e às categorias 84.56 a 84.63 a 10 dígitos após 1990. Diversos trabalhos que tratam do comércio exterior de máquinas-ferramentas incluem, além das informações relativas às máquinas-ferramentas para trabalhar metais e carbonetos metálicos, os dados relativos às máquinas-ferramentas para trabalhar pedra e outras matérias semelhantes; para trabalhar madeira, osso, cortiça, matéria plástica; a fabricação de peças para máquinas-ferramentas e a fabricação de ferramentas e máquinas-ferramentas pneumáticas ou com motor incorporado não elétrico de uso manual.

em 1992 e cento e 105 em 1993. Adicionalmente, verificou-se uma elevação do preço real médio das exportações brasileiras de máquinas-ferramentas.<sup>47</sup>

Em suma, pode-se dizer que o redirecionamento das exportações de máquinas-ferramentas foi acompanhado por um relativo aumento no conteúdo tecnológico dos produtos exportados, o qual reflete o esforço empreendido por alguns fabricantes para conquistar ou ampliar seus espaços no mercado internacional. Nesse sentido, cabe destacar o aumento verificado nas exportações de tornos horizontais com comando numérico e centros de usinagem nos primeiros anos da presente década.<sup>48</sup>

No que se refere às importações brasileiras de máquinas-ferramentas, constata-se uma queda em seus níveis entre 1978 e 1985, voltando a crescer a partir dos últimos anos da década. Como mostra a Tabela 2.11, as importações caíram abruptamente no decorrer da crise econômica do início da década (1981-83), e, diferentemente, ao longo da segunda crise que se iniciou em 1989, as compras externas de máquinas-ferramentas continuaram crescendo. Isso pode ser explicado, inicialmente, pela grande importação de máquinas da Argentina, resultante do acordo entre

---

47 Conforme Araujo Jr., Corrêa, Castilho (1992, p.43), o preço médio real (US\$/kg) passou de 5,56 em 1971 para 6,12 em 1975, 7,01 em 1980, 10,64 em 1985 e 6,31 em 1990.

48 Em 1991, os centros de usinagem representavam menos de 1% do valor total das exportações de máquinas-ferramentas, passando para 5,4% em 1993; e os tornos horizontais com comando numérico representavam 1,5% em 1991, passando para 5,3% em 1993.

Brasil e Argentina, que permitia a importação de máquinas desse país com isenção de taxaço. Em 1988, as máquinas compradas da Argentina representaram cerca de 16% do valor total das importações de máquinas-ferramentas do Brasil, ao passo que, em 1985, não atingiram 0,5%. Adicionalmente, foi elevada a importação de máquinas mais sofisticadas, não fabricadas internamente, principalmente da Alemanha, dos Estados Unidos, do Japão e da Itália.

Tabela 2.11

## Importações brasileiras de máquinas-ferramentas – 1978-1989

ANOS	MÁQUINAS DE DEFORMAÇÃO		MÁQUINAS DE CORTE		TOTAL	
	Unidades	Valor (US\$ 1 000)	Unidades	Valor (US\$ 1 000)	Unidades	Valor (US\$ 1 000)
1978	1 174	66 052	8 988	160 195	10 162	226 248
1979	1 234	37 394	4 250	107 900	5 484	145 295
1980	732	23 774	2 922	151 539	3 654	175 313
1981	1 198	27 873	2 536	95 771	3 734	123 645
1982	1 076	20 111	1 787	65 144	2 863	85 255
1983	246	6 605	525	37 606	771	44 211
1984	165	4 651	442	35 294	607	39 945
1985	916	13 826	16 865	26 598	17 781	40 424
1986	1 381	18 567	9 452	46 578	10 833	65 145
1987	535	29 674	2 113	83 989	2 648	113 663
1988	1 046	42 196	3 734	121 580	4 780	163 776
1989	-	37 763	-	129 089	-	166 872
1991	-	-	-	-	-	225 846
1992	-	-	-	-	-	168 398
1993	-	-	-	-	-	160 686

FONTE: MÁQUINAS-FERRAMENTAS para trabalhar metais e carbonetos metálicos, **Pesquisa Industrial**, ABIMAQ/SINDIMAQ, diversos números. DTIC-Secex/MITC.

Apesar da continuidade da crise no mercado interno nos primeiros anos da presente década, as importações continuaram crescendo até 1991 e, em 1992-93, a despeito de ter ocorrido uma queda, mantiveram um nível elevado em comparação com o verificado em meados dos anos 80. Nestes anos, as fresadoras com comando numérico, as retificadoras com comando numérico, os tornos com comando numérico, os centros de usinagem e as máquinas de estações múltiplas representaram uma parcela significativa do valor total das importações de máquinas-ferramentas - em torno de 35% a 40% - de onde se pode concluir que a política de abertura do mercado, juntamente com o processo de modernização de alguns segmentos industriais, foi responsável por esse comportamento das importações brasileiras de máquinas-ferramentas num período de forte retração do mercado interno.

A partir de 1990, iniciou-se o processo de abertura do mercado com a redução das alíquotas do imposto de importação. Para as máquinas-ferramentas convencionais, essas alíquotas passaram para 40% em 1990, 30% em 1991, 25% em 1992 e 20% em 1993 e 1994. Para as máquinas com comando numérico, as alíquotas decresceram de 65% em 1990 para 50% em 1991, 45% em 1992, 35% em 1993 e 25% em 1994.

As repercussões da política de abertura do mercado para as empresas produtoras de máquinas-ferramentas foram, de um lado, o

acirramento da concorrência no mercado interno e, de outro, o aumento da compra de componentes importados.<sup>49</sup>

Com relação ao acirramento da concorrência no mercado interno, deve-se notar que, na maioria das vezes, as máquinas importadas concorrem com as máquinas produzidas internamente em condições vantajosas em termos de preço, de qualidade e de financiamento.<sup>50</sup> Como já visto anteriormente, a reorganização das empresas e o rápido processo de difusão de inovações de produto e de processo na indústria de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos repercutiu na qualidade e no preço dos produtos fabricados aumentando a distância entre eles e os fabricados localmente. Isso afetou, principalmente as empresas que fabricam máquinas seriadas. Os fabricantes de equipamentos sob encomenda são sempre menos vulneráveis, dada a importância da participação do usuário das máquinas nas etapas de especificação de suas necessidades e de projeto do equipamento. A proximidade

---

49 Cabe notar, aqui, a diferença existente entre o processo de abertura na Argentina e no Brasil. Conforme Fanelli (1994), a maior diferença reside no nível e na evolução do tipo de câmbio durante o processo. "No Brasil, a política cambial tendeu a sustentar o preço real do dólar, desde o começo de 1991 num nível constante, equivalente, aproximadamente, a 75% do valor médio da década de 80. Na Argentina, já existia uma significativa apreciação cambial - em relação à média da década de 80 - quando se fixou o preço nominal do dólar em março de 1991 e a apreciação acentuou-se sistematicamente nos anos seguintes. Em ambos os casos a redução de barreiras induziu a uma queda no preço relativo dos bens importados e importáveis. No caso do Brasil, o nível e a estabilidade do tipo de câmbio tendeu a sustentar o preço relativo dos bens exportados e exportáveis, cuja competitividade pode, inclusive, melhorar" (FANELLI, 1994, p.28).

50 Como será examinado mais adiante, a redução dos recursos disponíveis para os financiamentos às vendas de máquinas a partir de meados dos anos 80 resultou em condições menos favoráveis do que as fornecidas em outros países.

geográfica do usuário com o fabricante permite maior agilidade nessas fases iniciais da fabricação da máquina.

Adicionalmente, cabe notar que algumas empresas do setor já haviam iniciado um processo de adequação de suas atividades para um possível enfrentamento com as máquinas importadas no mercado interno, pois a abertura de mercado no Brasil foi tardia em relação a outros países. Esse processo consistiu na incorporação de inovações nos produtos fabricados e em algumas reformulações no processo de fabricação, principalmente a aquisição de máquinas com comando numérico para solucionar alguns gargalos ou para executar operações com maior eficiência, o que repercutiu na produtividade. Parcela desse processo deve ser atribuída à reação das empresas à crise de retração de mercado no final da década de 80. No entanto isso ficou restrito a um número bastante reduzido de empresas. Somente algumas empresas de maior porte (nacionais ou subsidiárias de empresas estrangeiras), com situação financeira mais favorável e que já haviam ingressado no segmento de máquinas com comando numérico, apresentaram condições para iniciar uma reorganização interna visando à qualidade e à eficiência dos produtos e dos processos de fabricação.

Embora a abertura de mercado tenha facilitado a importação de peças e componentes das máquinas, o fato de a alíquota para importação dos comandos numéricos ter se mantido mais elevada do que a alíquota para o produto final é um dos aspectos que vem afetando negativamente a competitividade das máquinas fabricadas

no país. Como já mencionado acima, a alíquota para importação de máquinas-ferramentas com comando numérico passou para 25% em 1994, ao passo que, para os comandos numéricos, ficou em 40%. Isso repercute no preço das máquinas fabricadas no país, dificultando a concorrência com as importadas, pois grande parte das máquinas de maior porte e/ou tecnologicamente mais avançadas produzidas internamente utilizam comandos numéricos importados.

Além da liberalização das importações, outros mecanismos de política industrial adotados no país afetaram o desempenho da indústria brasileira de máquinas-ferramentas ao longo do período analisado, como será examinado a seguir.

### **2.2.3- A política industrial para o setor**

Desde os anos 70, o financiamento às vendas, por intermédio da Agência Especial de Financiamento Industrial (FINAME), foi a forma de atuação básica da política industrial no setor de máquinas-ferramentas.

A FINAME, criada no âmbito do BNDE em meados dos anos 60, tem como objetivo financiar a compra de máquinas e equipamentos fabricados no Brasil por empresas cadastradas na Agência, que apresentem índices de nacionalização calculados de acordo com os critérios estabelecidos pela própria FINAME. Para a comercialização no mercado interno, somente as empresas nacionais

têm acesso a esse financiamento, no entanto todos os fabricantes de máquinas e equipamentos, inclusive as subsidiárias de empresas estrangeiras, podem ter seus produtos cadastrados. Nas entrevistas realizadas, detectou-se a opinião unânime junto aos fabricantes de máquinas-ferramentas e aos seus representantes na Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos e no Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas a respeito da importância da FINAME para o crescimento apresentado pelo setor nas últimas décadas.

A FINAME possui três linhas de crédito para o financiamento às vendas de bens de capital, quais sejam: FINAME Automático, que financia a aquisição de bens de capital seriado; FINAME Especial, que é direcionado à comercialização de bens de capital sob encomenda; e o Programa de Financiamento às Exportações de Bens de Capital (FINAMEX), que é uma linha especial para a exportação de bens de capital.<sup>51</sup>

No FINAME Automático, as condições de financiamento são diferenciadas em função da região<sup>52</sup> em que se localiza o

---

<sup>51</sup> Em 1994, a participação do Programa Automático, do Programa Especial e do FINAMEX no total de desembolsos da FINAME era de 52%, 11% e 8% respectivamente (IEI-UFRJ, 1994, p.64).

<sup>52</sup> Conforme as Normas e a Sistemática Operacional da FINAME, na Região II estão incluídos os seguintes estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (exceto a área abrangida pela atuação da SUDENE). Os demais estados do País fazem parte da Região I.

equipamento financiado e do porte das empresas beneficiárias<sup>53</sup>. Considerando-se o período em que foram realizadas as entrevistas para este trabalho (final de 1993 a início de 1994), para as empresas de médio e grande portes, a FINAME financiava até 70% do valor da máquina fabricada na Região I, com juros de 12% ao ano mais correção monetária e prazo de 12 a 60 meses.<sup>54</sup> Já para as micro e pequenas empresas, a participação máxima era de 80% do valor da máquinas, com juros de 9% nesse mesmo ano.

As máquinas e equipamentos fabricados sob encomenda podem ser adquiridos por meio do FINAME Especial, com as mesmas modalidades de juros e correção monetária, mas com prazo maior

---

<sup>53</sup> Conforme as Normas e a Sistemática Operacional da FINAME, as empresas estão agrupadas em dois estratos de tamanho. O primeiro reúne as micro e pequenas empresas, e o outro as médias e grandes.

<sup>54</sup> Embora a taxa de juros cobrada pelos empréstimos junto ao Sistema BNDES (12% ao ano mais correção pela Taxa Referencial - TR) possa ser considerada baixa para a economia brasileira, quando comparada com os níveis internacionais essa taxa é muito elevada. Esse diferencial, provavelmente é o responsável pela relativa redução na demanda de crédito por parte das empresas de maior porte, com acesso a fontes externas. Entre janeiro e agosto de 1994, as pessoas físicas e as micro, pequenas e médias empresas absorveram cerca de 54% dos recursos do Sistema BNDES (IEI/UFRJ, 1994, p.61).

(até 96 meses).<sup>55</sup>

O percentual do valor da máquina que pode ser financiado depende da disponibilidade de recursos da Agência (e, conseqüentemente, do Sistema BNDES), os quais foram fortemente reduzidos a partir de meados dos anos 80.<sup>56</sup> Em 1990-91, a FINAME financiava somente 55% do valor da máquina, em decorrência da forte redução do orçamento do BNDES. Tal redução é explicada pelas restrições fiscais e pelos efeitos da recessão sobre as principais fontes de recursos do Sistema BNDES e sobre o retorno dos empréstimos do Banco. É importante ressaltar que os primeiros anos da presente década apresentaram os mais baixos níveis de desembolso desde 1980.<sup>57</sup>

A linha especial de crédito para exportações de bens de capital - FINAMEX - entrou em operação somente no início de 1991. Na década de 80, a demanda por créditos para o financiamento das

---

<sup>55</sup> Em 31 de outubro de 1994, a Medida Provisória nº 684/94 redefiniu as formas de atualização monetária e juros dos recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), do Fundo de Participação PIS-PASEP e do Fundo da Marinha Mercante (FMM), que são repassados ao BNDES e a outras instituições financeiras públicas federais, assim como alterou as condições do financiamento concedido com base nesses recursos. Dessa forma, o Sistema BNDES, inclusive a FINAME, passou a utilizar a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) em substituição à Taxa Referencial, a qual era utilizada para a correção dos valores financiados. Um dos objetivos dessa medida foi o de diminuir o risco de inadimplência dos atuais mutuários do BNDES, cujas dívidas corrigidas pela TR se tornaram excessivamente onerosas, como também estimular a tomada de novos empréstimos (Gazeta Mercantil, 22.12.94, p.18; IEI/UFRJ, 1994, p.59).

<sup>56</sup> A esse respeito, ver Bonelli e Pinheiro (1994).

<sup>57</sup> A média anual de desembolsos do sistema BNDES em 1990-91 representou apenas 47,6% da média do período 1980-88 e foi 16,4% menor que o desembolso de 1989 (SUZIGAN, 1992, p.11).

exportações de bens de capital era atendida pelo Programa de Financiamento às Exportações do Tesouro Nacional (FINEX). A partir da Constituição de 1988, foi decretado o fim dos programas federais de financiamento ao comércio exterior, sendo extinto o FINEX em 1990 (TORRES et alii, 1994, p.38). Dessa forma, a criação do FINAMEX veio ocupar uma lacuna no que se refere ao financiamento às exportações de bens de capital.

Conforme Torres et alii (1994, p.38-39), o FINAMEX, administrado pela Agência Especial de Financiamento Industrial, foi instalado em três etapas, a saber:

- "a) implementação de linha de capital de giro (pré-embarque) para fabricação de bens de capital para exportação de empresas industriais de efetivo controle nacional (1990/91);
- b) lançamento de linha de financiamento à comercialização (pós-embarque) e extensão do pré-embarque a todos os fabricantes de máquinas e equipamentos (1991/92);
- c) início do processo de reformulação dos produtos do FINAMEX, através do lançamento de uma linha de pós-embarque específica para países da América Latina com taxas de juros competitivas internacionalmente e maior flexibilização na exigência de garantias (1993/94)".

Enquadram-se no programa FINAMEX as máquinas e equipamentos novos destinados à exportação, produzidos no país e cadastrados

na FINAME, que apresentem índices de nacionalização calculados de acordo com os critérios estabelecidos pela Agência.

Em 1993, o programa FINAMEX pós-embarque financiava até 85% do valor da máquina, com prazo máximo de 96 meses, e o programa FINAMEX pré-embarque financiava até 70% do valor da máquinas, com prazo máximo de 30 meses. Em ambos, a correção monetária é calculada pela variação média do dólar norte-americano e juros equivalente à *libor* mais 2%.

Esse programa vem apresentando um rápido crescimento, principalmente a partir de meados de 1993. Os desembolsos do FINAMEX, em 1994, foram cerca de 65% maiores do que a soma dos desembolsos dos três anos anteriores (IEI/UFRJ, 1994, p. 65). No entanto, como é afirmado no Boletim de Conjuntura do Instituto de Economia Industrial da UFRJ (1994, p. 65),

"(...) cabe notar que suas operações cobrem menos de 5% do total de exportações nacionais de bens de capital e circunscrevem-se ao mercado latino americano, onde vige o convênio de garantias de crédito firmado entre os Bancos Centrais da região".

Cabe, ainda, fazer referência ao Programa de Financiamento à Exportação (PROEX), que foi regulamentado no segundo semestre de 1991 e opera com recursos do Tesouro. Esse programa visa apoiar as exportações de bens de capital e de serviços de engenharia através do financiamento e da equalização de taxas de juros entre

a taxa de juros máxima (fixada pelo Banco Central) e a taxa praticada pelos bancos na concessão de financiamento às exportações. Entretanto, devido à escassez e à instabilidade dos recursos desse programa, sujeitos às contingências fiscais, há uma tendência a orientar suas operações para a modalidade de equalização de juros. Ademais, a maior parte das operações tem se direcionado para os serviços de engenharia.<sup>58</sup>

Além desses instrumentos de política industrial que são específicos para a indústria de bens de capital, a Lei da Informática (que vigorou entre 1982 e outubro de 1992), embora não se direcionasse para o setor, teve um impacto direto e imediato sobre a produção de máquinas-ferramentas, pois estabeleceu a reserva de mercado para a produção de comando numérico para empresas nacionais. Conforme Erber e Verlmum (1992), a reserva de mercado teve efeitos contraditórios sobre a indústria de máquinas-ferramentas pois, "(...) estimulou a capacidade nacional na área de eletrônica, mas a curto prazo, aumentou os custos de produção nacional e a defasagem tecnológica das máquinas" (ERBER, VERLMUM, 1992, p.204).

Com a política de reserva de mercado, foram estabelecidas as condições necessárias para o projeto e a fabricação das unidades

---

<sup>58</sup> Conforme o Boletim de Conjuntura do IEI-UFRJ, até agosto de 1994, "(...) entre os empréstimos (concedidos pelo PROEX), destacam-se aqueles concedidos a empresas de engenharia e construção, que absorvem 82% desta rubrica. Uma empresa, entre estas, concentra 92% dos empréstimos e 47% do total de recursos do programa. Somando-se as duas outras principais tomadoras de fundos (outra empresa de engenharia e uma *trading*), atinge-se a 55% do programa" (IEI/UFRJ, 1994, p.65).

de comando numérico, possibilitando a implantação de um importante segmento do complexo eletrônico com fortes vinculações com a indústria de máquinas-ferramentas. Entretanto as unidades de controle fabricadas no país possuíam preços mais elevados quando comparados com os das unidades disponíveis para compra no mercado internacional. Isso encareceu as máquinas-ferramentas fabricadas aqui, impedindo a maior difusão no mercado interno e a concorrência no mercado internacional. Porém deve-se notar que, como mostram Tauile e Erber (1990), o diferencial de preços entre os comandos numéricos fabricados no país e os equivalentes estrangeiros diminuiu entre 1983 e 1987.<sup>59</sup>

Tem sido apontado que a fabricação em pequena escala dos comandos numéricos no país é um dos principais fatores responsáveis pelo diferencial dos preços. A escala de produção dos comandos numéricos no Brasil é consideravelmente inferior à dos principais países produtores. Por exemplo, a FANUC - principal fabricante mundial - produz cerca de 4.000 unidades mensais; nos Estados Unidos e na Europa, as principais empresas fabricam em torno de 1.000 unidades por ano, enquanto no Brasil a quantidade de comandos numéricos produzida anualmente fica em torno de 350 a 450 unidades (TAUILE, ERBER, 1991, p.32).

---

59 O diferencial passa de 1,94 em 1983 para 1,63 em 1987. Cabe notar que há diferenças entre o preço dos controles projetados no país e os fabricados sob licenciamento de tecnologia. O diferencial dos preços destes últimos em relação aos equivalentes estrangeiros aumenta entre 1983 e 1989 (de 2,24 para 2,72), enquanto o dos primeiros se mantém em 1,46 (TAUILE, ERBER, 1990, p.32).

### 3- A indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul

No capítulo anterior, traçou-se um quadro geral da situação da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos e no Brasil, enfatizando-se, principalmente, as modificações tecnológicas e estruturais ocorridas ao longo das duas últimas décadas que afetaram o desempenho e a posição relativa de cada país na produção mundial dessas máquinas. Em particular, foram examinadas algumas características peculiares à estrutura e ao desempenho da indústria brasileira que obstaculizaram o processo de difusão de inovações, contribuindo para acentuar a defasagem tecnológica em relação aos países desenvolvidos.

Neste terceiro capítulo, procura-se examinar o caso específico do segmento de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte sediadas no Rio Grande do Sul. A análise será feita levando-se em conta não apenas os aspectos mais aparentes do sucesso (ou não) das empresas para se adequarem ao novo contexto tecnológico, mas também o esforço empreendido pelas unidades produtivas para ampliar o estoque existente de conhecimentos, pois a intensidade desses esforços tecnológicos é fundamental para acelerar o ritmo do processo de aprendizado das firmas e, concomitantemente, viabilizar uma maior difusão de inovações, permitindo a adequação das empresas às rápidas modificações tecnológicas ora em curso. Essa análise, que terá como principal fonte de informações a pesquisa de campo realizada junto a empresas do setor no estado, será complementada no

próximo capítulo, quando outros elementos relacionados com as estratégias e o desempenho das empresas serão agregados à investigação.

Uma caracterização da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul é feita no primeiro item deste capítulo com o intuito de se traçar um perfil dessa indústria a partir de informações censitárias e de dados provenientes de outras fontes disponíveis.

No segundo item, apresentam-se os critérios adotados para a seleção das empresas analisadas e uma sucinta descrição destas no que se refere à origem do capital, ao tamanho e aos produtos fabricados. Foram selecionados dois grupos de empresas. O primeiro corresponde às empresas localizadas no Rio Grande do Sul e, tendo em vista os critérios adotados, representa uma parcela significativa das empresas, da produção e do emprego do segmento produtor de máquinas-ferramentas de corte no estado. O segundo grupo é formado por empresas instaladas em São Paulo. Os critérios adotados para a escolha dessas empresas faz com que esse grupo represente os diversos segmentos do mercado de máquinas-ferramentas, embora não seja representativo do segmento fabricante de máquinas-ferramentas de corte em São Paulo - seja em termos de número de empresas, seja em termos de volume de produção ou de emprego -, mas, sim, dos diversos segmentos do mercado de máquinas-ferramentas. A maior parte dessas empresas, inclusive, detêm uma posição de liderança no mercado em que

atuam. As informações dessas empresas serão contrapostas às referentes às empresas gaúchas, com o objetivo de serem identificadas as diferenças ou similaridades existentes.

No terceiro item, apresenta-se um mapeamento das ações implementadas pelas firmas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte instaladas no Rio Grande do Sul, na busca de novos conhecimentos e habilidades que ampliem o estoque de capacidades tecnológicas existentes em cada empresa e avaliam-se as características fundamentais de seus esforços de busca em relação a empresas selecionadas em São Paulo para se adequarem ao direcionamento técnico-produtivo do setor ao longo do paradigma vigente e das trajetórias dominantes.

### **3.1- Caracterização da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul**

Nesta seção, serão feitas algumas observações baseadas sobretudo em dados censitários, com o intuito de caracterizar os principais aspectos do desenvolvimento do setor fabricante de máquinas no Rio Grande do Sul, desde meados dos anos 50, que contribuíram para moldar o atual perfil e a dimensão do setor fabricante de máquinas-ferramentas no estado.

Em 1959, os segmentos fabricantes de bens de capital no Rio Grande do Sul representavam cerca de 4% do total da produção

industrial do estado, passando para 10% em 1970 e para 15% em 1985.<sup>1</sup> A importância assumida por essa categoria de indústrias provocou, de um lado, os acréscimos na sua participação na produção brasileira de bens de capital - em 1959, o estado detinha cerca de 3% do valor da transformação da oferta nacional de bens de capital, elevando essa participação para 6% em 1970 e 8% em 1985 - e, de outro, conferiu-lhe uma participação no total da produção industrial do estado semelhante à desse setor na indústria brasileira.<sup>2</sup>

Grande parte dessa expansão da produção gaúcha de bens de capital deve ser creditada à adequação de segmentos industriais já existentes - e, de certa forma, "tradicionais" à estrutura industrial do estado - ao padrão de crescimento do país definido no final dos anos 50. Assim, a despeito de não ter ocorrido no Rio Grande do Sul a instalação de segmentos industriais de grande porte, especialmente os voltados para a produção de bens duráveis e de bens de produção, pode-se dizer que a indústria estadual reagiu favoravelmente às transformações estruturais ocorridas no centro do país nessa época, resultando numa expressiva expansão dos ramos metal-mecânico.<sup>3</sup>

---

1 A não-disponibilidade de dados censitários após 1985 inviabiliza o cálculo dessa participação para o período mais recente.

2 No Brasil, a categoria de indústrias fabricantes de bens de capital participava com 11% em 1970, passando para 16% em 1985.

3 Com relação à adequação de segmentos industriais do Rio Grande do Sul às transformações estruturais ocorridas no centro do país a partir de meados da década de 50, ver os seguintes trabalhos: Accurso (s.d), Passos e Lima (1992).

Já em 1970, os segmentos industriais mais representativos da indústria de bens de capital do estado eram a fabricação de máquinas e implementos agrícolas e a fabricação de carrocerias para veículos automotores, secundados pela produção de máquinas-ferramentas, máquinas operatrizes e aparelhos industriais<sup>4</sup>, os quais não podem ser considerados como segmentos novos à estrutura industrial gaúcha. Trata-se de indústrias já existentes e tradicionais do ramo metal-mecânico estadual. Deve-se notar, ainda, que grande parte dessas unidades produtivas iniciaram suas atividades como pequenas empresas familiares voltadas para a simples fabricação de peças de reposição e assistência técnica e, em alguns casos, evoluíram posteriormente para a produção de equipamentos mais sofisticados (ALMEIDA, MARCANTONIO, LIMA, 1986).

No que se refere especificamente às máquinas-ferramentas, máquinas operatrizes e aparelhos industriais, os estabelecimentos industriais gaúchos estavam voltados, nos anos 60 e 70, para a fabricação de equipamentos de reduzida dimensão, notadamente os destinados às atividades mais tradicionais, como as do ramo alimentar, de vestuário e calçados, e as de metal-mecânica de porte reduzido, bem como à fabricação de alguns equipamentos leves para a indústria química (ALMEIDA, MARCANTONIO, LIMA, 1986). Era, ainda, muito restrita a produção de máquinas-ferramentas e máquinas operatrizes mais sofisticadas.

---

4 Os dados censitários não permitem a desagregação da produção de máquinas-ferramentas, máquinas operatrizes e aparelhos industriais.

Assim, a despeito de reproduzir a estrutura nacional, a indústria de bens de capital do estado possuía uma composição interna marcadamente diferente da do conjunto da indústria brasileira e, mais especificamente, da do centro do país, onde eram fabricados os equipamentos de grande porte e mais sofisticados tecnologicamente. As peculiaridades dessa categoria de indústrias no estado, no entanto, não impediram um expressivo ritmo de expansão, mas, ao contrário, as empresas aproveitaram o dinamismo de alguns nichos de especializações para os quais se voltaram, que estavam fortemente relacionados com as atividades econômicas do próprio estado, porém de acordo com as diretrizes do modelo de crescimento brasileiro.

No que se refere aos estabelecimentos<sup>5</sup> gaúchos fabricantes de máquinas, observa-se que, em média, eram menores do que os de São Paulo e dispunham de uma produtividade do trabalho mais reduzida nos anos 70. Da mesma forma, os salários médios pagos na produção eram substancialmente inferiores aos da indústria paulista<sup>6</sup>, podendo-se daí deduzir que os menores salários pagos no estado amenizaram os efeitos dos baixos níveis de produtividade para a manutenção do potencial interno de acumulação da indústria gaúcha. Notadamente, tais diferenciais de

---

5 As informações censitárias são organizadas conforme o conceito de "estabelecimento", que pode não corresponder exatamente ao de "empresa" (capital ao qual podem pertencer mais de um estabelecimento).

6 Com relação ao tamanho médio, produtividade e salários pagos na indústria de bens de capital do Rio Grande do Sul em relação à indústria paulista, ver Almeida, Marcantonio e Lima (1986).

salários oferecem maiores vantagens para aquelas atividades cuja participação dos mesmos nas despesas industriais for relativamente elevada. Na medida em que grande parcela da produção de máquinas no estado advinha de segmentos que apresentavam elevadas taxas de absorção de mão-de-obra, pode-se inferir que os diferenciais de salário em relação a São Paulo beneficiaram a *performance* da indústria gaúcha.

Feitas essas observações, passa-se agora ao exame das características atuais da indústria de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul, baseado em informações do **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul** de 1991/92 e de 1993/94 e do cadastro de empresas vinculadas ao Departamento Nacional de Máquinas-Ferramentas e Sistemas Integrados de Manufaturas da ABIMAQ/SINDIMAQ, de 1993.

Como não se dispõe de dados relativos à produção por estado, considera-se o número de empresas como um indicativo do volume de produção. Segundo esse indicador, São Paulo é responsável pela maior produção de máquinas-ferramentas no país com 86% das empresas (ABIMAQ/SINDIMAQ, 1989, p.25) seguido pelo Rio Grande do Sul onde, atualmente, localizam--se cerca de 30 empresas fabricantes de máquinas-ferramentas e acessórios<sup>7</sup>, que

---

7 A relação de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul foi retirada do **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul** de 1991/92 e de 1993/94 (FIERGS/CIERGS) e do cadastro do Departamento Nacional de Máquinas-ferramentas e Sistemas Integrados de Manufaturas da ABIMAQ/SINDIMAQ de 1993, e consta das listagens que aparecem nos Quadros 1 e 2 do Anexo I. Deve-se notar que não estão sendo consideradas aquelas empresas que, mesmo vinculadas à ABIMAQ/SINDIMAQ, não fabricam mais máquinas-ferramentas.

representam, aproximadamente, 10% do total das empresas do setor instaladas no Brasil<sup>8</sup>.

Grande parte das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul encontra-se localizada na região de Caxias do Sul e na Grande Porto Alegre, onde ocorre a maior concentração de unidades produtivas do complexo eletromecânico do estado.

Com relação ao tamanho, a maioria das empresas do setor instaladas no estado é de pequeno porte.<sup>9</sup> Inclusive, considerando-se as informações que constam do **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul**, que aparecem na Tabela 3.1, constata-se uma presença significativa de empresas menores, que empregam, no máximo, 19 pessoas. Somente três empresas foram incluídas no estrato das de médio porte, cabendo ainda ressaltar que o número de pessoas empregadas nessas empresas não ultrapassava 260.

---

8 Como não se dispõe de outra fonte de informações, considera-se, neste trabalho, o número total de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no país equivalente ao número de empresas cadastradas na ABIMAQ/SINDIMAQ.

9 Neste trabalho adotou-se o critério do número de empregados para a classificação do tamanho das empresas, utilizando-se classificação do SEBRAE, que considera microempresas as que possuem até 19 empregados; empresas pequenas as que empregam de 20 a 99 empregados; médias as que possuem de 100 a 499; e, finalmente, as grandes, que empregam mais de 500 pessoas.

Tabela 3.1

Número de empregados das empresas fabricantes de  
máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul

NÚMERO DE EMPREGADOS	NÚMERO DE EMPRESAS
Até 19 pessoas	10
De 20 a 99 pessoas	17
De 100 a 499 pessoas	3
Mais de 500 pessoas	-
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

FONTE: Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul 1991/92, FIERGS/CIERGS.  
Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul 1993/94, FIERGS/CIERGS

Portanto, diferentemente da indústria de São Paulo, a indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul não conta com empresas com mais de 500 pessoas empregadas. Outra informação indicativa do porte bastante reduzido das empresas gaúchas é a que se obtém na listagem das maiores empresas brasileiras do setor, apresentada em duas publicações anuais, onde se verifica que somente uma empresa do estado foi incluída nos dois últimos anos do período 1987-92.<sup>10</sup>

As empresas da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul são predominantemente de capital nacional, não pertencendo a grandes grupos econômicos e, inclusive, a maioria é de origem familiar. No estado, somente uma empresa do setor, instalada na segunda metade dos anos 70, é de propriedade

<sup>10</sup> Informações coletadas nas seguintes publicações: **Balanço Anual** e revista **Quem é Quem**, em vários anos.

estrangeira, sendo subsidiária do grupo holandês Hunter Douglas.<sup>11</sup>

As principais famílias de produtos<sup>12</sup> fabricadas pela indústria gaúcha de máquinas-ferramentas são: fresadora, mandriladora, retificadora, centro de usinagem e máquina de usinagem por eletroerosão.<sup>13</sup> Atualmente, a fabricação de tornos no estado é extremamente reduzida, não se constituindo na atividade principal de nenhuma empresa.<sup>14</sup> Provavelmente, o fato de as duas maiores empresas nacionais do setor, juntamente com outras subsidiárias de empresas estrangeiras localizadas em São Paulo, dominarem o mercado desses equipamentos reduz a possibilidade de as unidades produtivas em atividade no estado manterem uma fabricação regular desses equipamentos.

A maior parcela de máquinas-ferramentas produzidas no Rio Grande do Sul é de máquinas convencionais, padronizadas e de pequeno e médio portes. Como mostram as informações que constam dos Quadros 1 e 2 do Anexo I, a fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico é, ainda, reduzida a um número restrito de firmas. Ademais, um número expressivo de empresas não tem como atividade principal a fabricação de máquinas-

---

11 Ver **Guia Interinvest: O Brasil e o Capital Internacional** (1992).

12 Uma "família de produtos" ou "família de máquinas" é um conjunto de máquinas com características semelhantes.

13 Ver Quadros 1 e 2 do Anexo I.

14 O maior fabricante de tornos no estado suspendeu a fabricação desses equipamentos em 1982, direcionando-se para outros produtos.

ferramentas, mas a produção de outros equipamentos industriais, a prestação de serviços para terceiros, ou, ainda, somente a fabricação de acessórios e ferramentas para máquinas-ferramentas.

### 3.2- Critérios de escolha e descrição das empresas selecionadas

#### 3.2.1- Empresas selecionadas no Rio Grande do Sul

As duas principais fontes de informação utilizadas para a seleção das empresas no Rio Grande do Sul foram:

- a) o cadastro de empresas filiadas à ABIMAQ/SINDIMAQ, órgão representativo dos fabricantes de máquinas e equipamentos no Brasil; e
- b) o **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul** de 1991/92, elaborado pelo IDERGS (FIERGS/CIERGS) .

Para complementar as informações a respeito dos produtos fabricados pelas empresas, consultaram-se, ainda, os catálogos de máquinas-ferramentas brasileiras publicados pela ABIMAQ/SINDIMAQ em 1991 e em 1994 - que apresentam os produtos de algumas empresas filiadas - e a relação dos equipamentos e empresas fabricantes financiados pelos programas da FINAME (BNDES).<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Como foi visto no item 2.2.3 do capítulo anterior, a FINAME é o principal instrumento de financiamento da comercialização de bens de capital no país.

Do cadastro de empresas filiadas à ABIMAQ/SINDIMAQ, foi retirada uma listagem de 36 fabricantes de máquinas-ferramentas e acessórios instalados no Rio Grande do Sul, que estavam diretamente vinculados ao Departamento Nacional de Máquinas-Ferramentas e Sistemas Integrados de Manufaturas dessa associação em 1993.<sup>16</sup> Além dessas empresas, foram selecionadas mais 15 que não eram filiadas à ABIMAQ/SINDIMAQ no ano de 1993, mas constavam do **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul** como fabricantes de máquinas-ferramentas e de acessórios.<sup>17</sup> Dessa forma, chegou-se a um total de 52 empresas do setor instaladas no estado.

É importante notar que, nesse conjunto de empresas, estão incluídos os fabricantes exclusivos de máquinas-ferramentas, bem como aqueles que também produzem outras máquinas industriais, peças e acessórios e que fazem serviços de usinagem e de fundição para outras empresas.<sup>18</sup> Através das informações que constam dos Quadros 1 e 2 do Anexo I, é possível constatar-se que a maioria das empresas listadas não tem como atividade principal a fabricação de máquinas-ferramentas.

---

<sup>16</sup> A relação das empresas fabricantes de máquinas--ferramentas instaladas no Rio Grande do Sul e filiadas à ABIMAQ/SINDIMAQ encontra-se no Quadro 1 do Anexo I.

<sup>17</sup> A relação das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas e acessórios não filiadas à ABIMAQ/SINDIMAQ e incluídas no **Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul** encontra-se no Quadro 2 do Anexo I.

<sup>18</sup> Cabe notar, ainda, que entre as empresas vinculadas ao Departamento Nacional de Máquinas-Ferramentas e Sistemas Integrados de Manufaturas da ABIMAQ/SINDIMAQ constam algumas que não fabricam mais máquinas-ferramentas e acessórios.

Considerando-se esse conjunto de empresas, foram selecionadas, inicialmente, as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte, por ser este o objeto de estudo desta tese. A partir desse grupo mais reduzido de empresas, escolheu-se, a seguir, somente aquelas que apresentaram uma predominância de máquinas-ferramentas no faturamento total da empresa, ou que a atividade principal da empresa tenha sido a fabricação de máquinas-ferramentas de corte em algum ano do período 1985-93.

Com base nesses critérios, foram escolhidas 11 empresas, sendo que três foram excluídas após um primeiro contato, pois a fabricação de máquinas-ferramentas não representara sua atividade principal em nenhum dos anos do período em questão.<sup>19</sup> Nas oito empresas finalmente selecionadas, foram realizadas entrevistas, entre dezembro de 1993 e março de 1994, com executivos que responderam questões relacionadas à capacitação tecnológica e ao desempenho da empresa, bem como sobre as estratégias adotadas no decorrer dos últimos 10 anos.<sup>20</sup> O entrevistado ou fazia parte da diretoria da empresa ou exercia algum cargo de chefia.

Das empresas selecionadas, somente uma era de propriedade

---

<sup>19</sup> A relação das oito empresas selecionadas no Rio Grande do Sul encontra-se no Anexo II.

<sup>20</sup> O roteiro das entrevistas realizadas com as empresas selecionadas encontra-se no Anexo II.

estrangeira.<sup>21</sup> As demais tinham capital de origem nacional. No que se refere à data de fundação das empresas entrevistadas, duas iniciaram suas atividades na segunda metade da década de 80, quatro nos anos 70, uma em meados dos anos 60 e uma no final da década de 40.

### Quadro 3.1

#### Pauta de produtos das empresas selecionadas Rio Grande do Sul

FAMÍLIA DE PRODUTOS	NÚMERO DE EMPRESAS	
Afiadora	1	
Fresadora		2
Furadeira		1
Mandriladora	2	
Retificadora	4	
Centro de usinagem	2	
Máquina especial	1	
Máquina de jateamento	1	
Máquina de usinagem por eletroerosão	1	
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>	

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: o somatório do número de empresas por família de produtos é superior ao número total de empresas entrevistadas porque as mesmas produzem mais de uma família de produtos.

<sup>21</sup> Deve-se, inclusive, ressaltar que esta é a única empresa de capital de origem estrangeira do setor no Rio Grande do Sul (capital holandês). Na época de sua fundação (segunda metade dos anos 70), mais oito empresas alemãs fabricantes de máquinas e equipamentos deveriam instalar filiais no estado, no entanto isso não chegou a se concretizar. O projeto previa que a empresa que hoje se encontra em funcionamento faria a parte da usinagem para as demais, que seriam somente montadoras de máquinas.

Sete empresas produzem máquinas-ferramentas por arranque de cavaco, e uma fabrica máquinas de usinagem por eletroerosão.<sup>22</sup> A pauta de produtos dessas empresas encontra-se no Quadro 3.1.

Deve-se ressaltar que, das empresas selecionadas, duas fabricam exclusivamente máquinas-ferramentas, e uma tem seu faturamento dividido entre máquinas-ferramentas, usinagem de peças para terceiros e *retrofitting*<sup>23</sup>. As demais fabricam máquinas-ferramentas, outras máquinas industriais e/ou outros produtos. Constatou-se que, dependendo do ano, a atividade principal nestas últimas empresas não é a fabricação de máquinas-ferramentas.

No que se refere à fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico, somente três empresas revelaram que a maior parcela da produção era desse tipo de equipamentos. Das restantes, quatro fabricam somente máquinas convencionais, e uma, apesar de fabricar máquinas-ferramentas com comando numérico, tem a maior parcela de sua produção representada pelas máquinas convencionais.

As empresas selecionadas atuam nos três segmentos de mercado de máquinas-ferramentas: máquinas convencionais, máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem e máquinas

---

<sup>22</sup> A descrição destas máquinas foi feita no Capítulo 1.

<sup>23</sup> *Retrofitting* é o processo de reforma de uma máquina, ou seja, é o processo que transforma uma máquina convencional em máquina CNC.

especiais. As empresas não necessariamente atuam em um único segmento de mercado. A pauta de produtos da maior parte das firmas selecionadas lhes permite participar de ambos os segmentos do mercado.

O Quadro 3.2 apresenta as empresas selecionadas segundo seu tamanho medido pelo número total de empregados.

Quadro 3.2

Número de empregados das empresas selecionadas  
no Rio Grande do Sul

NÚMERO DE EMPREGADOS	NÚMERO DE EMPRESAS
Até 19 pessoas	-
De 20 a 99 pessoas	5
De 100 a 499 pessoas	3
Mais de 500 pessoas	-
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Como pode-se constatar, a maioria das empresas foi incluída no estrato das de pequeno porte, e as que foram classificadas como empresas de tamanho médio não ultrapassavam o número de 250 empregados.

### 3.2.2- Empresas selecionadas em São Paulo

A principal fonte de informação utilizada para a escolha das empresas em São Paulo foi o catálogo oficial da 20ª Feira Internacional da Mecânica, realizada em São Paulo em março de 1994. Da mesma forma que na seleção das empresas no Rio Grande do Sul, com o objetivo de complementar as informações a respeito dos produtos fabricados pelas empresas localizadas em São Paulo, consultaram-se os catálogos de máquinas-ferramentas brasileiras publicados pela ABIMAQ/SINDIMAQ e a relação dos equipamentos e das empresas fabricantes financiados pelos programas da FINAME (BNDES).

Considerando-se somente os fabricantes de máquinas-ferramentas de corte instalados em São Paulo, listados no catálogo da Feira, escolheram-se oito empresas.<sup>24</sup> Outras duas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas sob encomenda, que não participaram da Feira como expositores, foram incluídas entre as empresas selecionadas.<sup>25</sup> Nessas 10 empresas, foram realizadas entrevistas entre março e maio de 1994, quando foram respondidas as mesmas questões colocadas para as firmas gaúchas. Geralmente, o entrevistado fazia parte da diretoria da empresa ou exercia algum cargo de chefia.

---

<sup>24</sup> Inicialmente, foram selecionadas 12 empresas, entretanto os representantes de quatro empresas não apresentaram disponibilidade para responder questões relativas à mesma numa entrevista.

<sup>25</sup> A relação das dez empresas selecionadas em São Paulo e encontra-se no AnexoII.

Considerando-se as empresas selecionadas, seis têm capital de origem nacional, e as demais são subsidiárias de empresas estrangeiras.<sup>26</sup> Cabe ressaltar que, assim como no Rio Grande do Sul, as empresas de capital nacional não pertencem a grandes grupos econômicos, e a maioria mantém uma estrutura familiar em sua direção.

No que se refere à data de fundação, as empresas estrangeiras entrevistadas foram instaladas no Brasil na década de 70, com exceção de uma, cujo início de funcionamento data da época da instalação da indústria automobilística no País. Já as empresas de capital nacional foram todas fundadas antes de 1955.

Todas as empresas selecionadas em São Paulo produzem máquinas-ferramentas por arranque de cavaco. A pauta de produtos dessas empresas encontra-se no Quadro 3.3.

Deve-se ressaltar que, das empresas selecionadas, seis fabricam exclusivamente máquinas-ferramentas. As demais têm seu faturamento dividido entre máquinas-ferramentas, outras máquinas industriais e/ou acessórios e ferramentas.

No que se refere à fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico, cinco empresas revelaram que a maior parcela do faturamento é representada pela venda desse tipo de equipamento.

---

<sup>26</sup> Entre as empresas de capital nacional, cabe registrar que uma era de propriedade estrangeira, sendo adquirida por um grupo nacional nos primeiros anos da década de 90.

Nas demais empresas, apesar de fabricarem máquinas-ferramentas com comando numérico, as vendas de máquinas convencionais representam a maior parcela das vendas totais.

Quadro 3.3

Pauta de produtos das empresas selecionadas  
em São Paulo

FAMÍLIA DE PRODUTOS	NÚMERO DE EMPRESAS
Torno	5
Fresadora	7
Furadeira	3
Mandriladora	1
Retificadora	1
Centro de usinagem	3
Máquina especial	3
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>10</b>

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: o somatório do número de empresas por família de produtos é superior ao número total de empresas entrevistadas porque as mesmas produzem mais de uma família de produtos.

O Quadro 3.4 apresenta as empresas selecionadas em São Paulo segundo seu tamanho medido pelo número total de empregados.

## Quadro 3.4

Número de empregados das empresas selecionadas  
em São Paulo

NÚMERO DE EMPREGADOS	NÚMERO DE EMPRESAS
Até 19 pessoas	-
De 20 a 99 pessoas	-
De 100 a 499 pessoas	7
Mais de 500 pessoas	3
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>10</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Como pode-se constatar, a maioria das empresas é de porte médio, e as que foram incluídas no estrato de grandes empresas empregavam, na época das entrevistas, menos de 800 pessoas.

### 3.3- A capacitação tecnológica em empresas selecionadas

O processo de capacitação tecnológica envolve um longo período de tempo, no qual as firmas constantemente buscam ampliar o conhecimento e as habilidades requeridos para a manutenção de suas rotinas de produção e de melhoramentos da empresa. Tendo em vista que o conhecimento tecnológico possui um forte conteúdo tácito, o processo de capacitação assume, necessariamente, um caráter específico à firma. Mesmo quando se examinam firmas de um mesmo setor, verifica-se que o processo de capacitação em cada uma delas não é homogêneo, pois depende do conhecimento acumulado que a firma possui - que se encontra incorporado às pessoas ou às

rotinas de operação - e das formas concretas que cada firma utiliza para assimilar e usar as informações que se encontram disponíveis.

Alguns aspectos característicos das primeiras fases do desenvolvimento da indústria de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul desempenharam um papel decisivo para ampliar o fluxo de informações entre as empresas, proporcionando condições favoráveis para o aprendizado inicial de cada uma delas. Dentre esses aspectos, cabe mencionar:

- a) a existência de um núcleo de unidades produtivas vinculadas às atividades da metal-mecânica, tradicional à estrutura industrial do Rio Grande do Sul já nos anos 50. Essas unidades detinham um razoável domínio dos conhecimentos tecnológicos e estavam concentradas, basicamente, em duas regiões do estado (Caxias do Sul e Grande Porto Alegre). A concentração espacial dessas atividades industriais favoreceu, sobremaneira, a troca de informações entre empresas e, em alguns casos, inclusive estimulou a cooperação implícita ou explícita entre firmas;
- b) a existência de um contingente de mão-de-obra qualificada, formado, majoritariamente, por imigrantes italianos ou seus descendentes, detentor de um elevado nível de aptidões e experiência nas atividades manufatureiras. Como se sabe, um dos importantes fluxos informais de informação é oriundo da mobilidade da mão-

de-obra especializada. Ademais, a fabricação de máquinas, sendo largamente efetuada por atuação direta dos trabalhadores, requer que estes possuam uma certa habilidade e experiência acumulada para a operação dos equipamentos utilizados na produção;

- c) o fato de que grande parte das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do estado foram fundadas por técnicos e/ou engenheiros que já possuíam experiência anterior na área da mecânica. Em muitos casos, os fundadores foram empregados de firmas produtoras de máquinas, que adquiriram essas firmas ou fundaram suas próprias empresas.

De forma similar à evolução inicial das empresas paulistas de capital nacional, uma parcela significativa das empresas do estado começou suas atividades como oficinas de manutenção. Gradativamente, passaram da fabricação de peças de reposição e assistência técnica para a fabricação de máquinas encomendadas por clientes específicos, localizados, geralmente, nas proximidades geográficas da fábrica. Após esse período inicial, as empresas evoluíram, diversificando a linha de produtos fabricados na direção das máquinas-ferramentas.<sup>27</sup> Isso permitiu o aperfeiçoamento gradativo das empresas nas diversas etapas de fabricação, mediante um aprendizado local na produção baseado,

---

27 Em Cruz (1983), encontra-se uma descrição da evolução histórica da indústria de máquinas-ferramentas no Brasil.

sobretudo, em mecanismos informais de acumulação de conhecimento tecnológico (*learning by doing*, por exemplo).

Assim, a tradição e um certo domínio da tecnologia metal-mecânica propiciaram a evolução do setor. A cópia de máquinas importadas marcou o início da trajetória das empresas, que progrediram das práticas de detalhamento do processo de fabricação à capacidade de projeto em detalhe do produto e, em alguns casos, ao desenvolvimento próprio do produto.<sup>28</sup>

No que se refere à subsidiária de empresa estrangeira instalada no Rio Grande do Sul<sup>29</sup>, a trajetória descrita acima não se verifica, visto que toda a tecnologia provém da matriz, ainda que a operação da planta no país pudesse implicar adaptações de alguns produtos ao mercado local. Em 1992, devido ao fato de a matriz na Europa ter sido vendida para outro grupo, verificou-se uma interrupção nessa forma de transferência de tecnologia. Em decorrência, a empresa instalada no estado iniciou o desenvolvimento próprio de produtos, organizando, inclusive, uma área de engenharia de produto que, até então, não possuía. Assim,

---

28 Com relação à distinção entre cópia e desenvolvimento próprio, ver nota de rodapé n.19 no Capítulo 2 deste trabalho.

29 Como já ressaltado anteriormente, somente uma empresa estrangeira integra a indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul. Assim como a maioria das subsidiárias de empresas estrangeiras do setor localizada em São Paulo, essa empresa foi instalada em meados dos anos 70.

a despeito de continuar mantendo um contato intenso com o exterior, essa empresa passou, a partir dessa data, a implementar ações que visavam ao aprimoramento de capacidades tecnológicas da empresa em áreas até então pouco desenvolvidas.

O esforço empreendido pelas unidades produtivas para ampliar o estoque existente de conhecimentos e habilidades permite uma melhor absorção das informações tecnológicas disponíveis, ampliando suas capacidades tecnológicas. Tais capacidades dão condições às empresas para adquirir, assimilar, usar, adaptar ou mudar a tecnologia gerada em outras firmas ou setores, ou mesmo para criar novas tecnologias. O Quadro 3.5 discrimina as diversas áreas onde tais capacidades podem ser desenvolvidas no interior das empresas.

Quando as mudanças tecnológicas passam a representar grandes descontinuidades em termos de concepção e fabricação de produtos, novos conhecimentos e habilidades fazem-se necessários ao entendimento dos princípios tecnológicos referentes à mudança técnica e à produção de novos produtos. Por seu turno, isso requer o aprimoramento de capacidades tecnológicas nas empresas que lhes dêem melhores condições para obterem as informações necessárias e incorporarem tais informações nas suas atividades correntes.

## Quadro 3.5

## Capacidades tecnológicas

- 
- 1- Capacidades de produção (parte das capacidades de operação)
- a) Gerência de produção
  - b) Engenharia de fabricação e, conforme o caso, projeto (*design*) em produto, necessários para:
    - controle de matérias-primas e componentes;
    - coordenação de processos produtivos entre produtos e instalações;
    - controle de qualidade;
    - trouble-shooting*;
    - adaptação de processos e produtos tanto para responder a circunstâncias modificadas como para obtenção de aumentos de produtividade e melhoria no produto;
    - reparação e manutenção do *hardware*.
- 2- Capacidades de investimento
- a) Treinamento de mão-de-obra
  - b) Estudos de viabilidade pré-investimentos
  - c) Execução de projetos
    - Gerência de projetos;
    - Engenharia de projetos, provendo informações necessárias para tornar operacional a tecnologia em contextos particulares, incluindo:
      - estudos em detalhe, para a escolha entre projetos alternativos;
      - engenharia básica, concernente à tecnologia central em termos de processos e fluxos, especificações de principais equipamentos e *lay out* de plantas;
      - engenharia em detalhe, para suprir tecnologia periférica em termos de especificações completas para todo o *hardware*, planos arquitetônicos e de engenharia para construção e instalação de equipamentos;
    - Aquisição de *hardware* e *software*;
    - Incorporação em equipamentos;
    - Alcance de normas pré-determinadas para o início de operações.
- 3- Capacidades de inovação
- a) Pesquisa básica
  - b) Pesquisa aplicada, com implicações comerciais específicas
  - c) Desenvolvimento: tradução do conhecimento técnico e científico em, concretamente, novos processos, produtos e serviços mediante, atividades técnicas orientadas para os detalhes, incluindo testes experimentais. Inclui capacidades de estudos de viabilidade e de projeto básico de novos processos e produtos.
- 

FONTE: Westphal, Kim, Dahlman (1984). In Santos Filho (1991, p. 147).

A seguir, procurar-se-ão examinar alguns indicadores do processo de capacitação tecnológica nas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte do Rio Grande do Sul, com a finalidade de identificar os esforços tecnológicos endógenos das diversas empresas para alcançar o domínio das novas tecnologias. Essa análise privilegiará as ações implementadas em duas esferas específicas de atividade das empresas, quais sejam, as atividades de produção e de pesquisa e desenvolvimento. Adicionalmente, utilizando-se os mesmos indicadores adotados para a análise do caso da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, serão feitas algumas considerações referentes ao processo de capacitação tecnológica nas empresas desse setor instaladas em São Paulo e selecionadas para este estudo. O objetivo dessa comparação é detectar as similaridades e sobretudo as diferenças existentes entre esses dois grupos de empresas que possam contribuir para o entendimento das assimetrias que se verificam entre os fabricantes de máquinas-ferramentas localizados no Rio Grande do Sul e em São Paulo.

### **3.3.1- Capacitação tecnológica em produção**

O conjunto de conhecimentos e habilidades referentes à operação das plantas será examinado no âmbito do processo de fabricação e do produto. Apesar de se estar examinando essas áreas separadamente, deve-se ter presente que, ao nível das

empresas, há uma forte interação entre as capacidades peculiares a cada uma delas, tornando-as, de certa forma, inseparáveis.

### 3.3.1.1- Processo de fabricação

No que tange ao processo de fabricação, destacou-se a atualização dos equipamentos, as novas técnicas organizacionais, os sistemas de controle de qualidade ao longo do processo e as modalidades de relacionamento das empresas com fornecedores e usuários como alguns dos importantes mecanismos adotados pelas firmas para o incremento de sua capacitação tecnológica. As informações tecnológicas podem ser canalizadas para as firmas mediante tais mecanismos, determinando uma mudança no conjunto de conhecimentos que a firma domina referentes à operação das plantas. Ao assimilar tais informações, as firmas ampliam as capacidades tecnológicas já existentes, posto que as informações adquiridas de outras firmas (ou organizações) somente serão soluções para os problemas (ou entraves) detectados ao longo do processo de fabricação à medida que gerarem um processo de aprendizado que amplie o nível de habilidades e conhecimentos que a firma detém.

Essa forma de transferência de tecnologia possibilita uma difusão de inovações de processo, que consistem na adoção de novos métodos de produção por parte das firmas. Isso envolve tanto mudanças nos equipamentos como alterações na organização da produção que têm como objetivo a fabricação de novos produtos (ou

produtos melhorados) - os quais não podem ser produzidos com as plantas e os métodos de produção existentes - ou, ainda, aumentar a eficiência na produção de produtos já fabricados.

### **Atualização dos equipamentos**

A compra de máquinas, equipamentos ou componentes que incorporam novas tecnologias é uma das formas de difusão de tecnologia que está diretamente relacionada às decisões de investir das firmas e às estratégias adotadas em função do processo concorrencial e do ambiente econômico em que estão inseridas.

Ao se examinarem as informações referentes à atualização dos equipamentos das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, deve-se ter presente que a instabilidade da economia brasileira ao longo da década de 80, com a presença de um componente de incerteza muito elevado e de condições macroeconômicas bastante perversas, implicou o encurtamento do horizonte de tempo para a ação das empresas. Essa situação afetou sobremaneira o setor industrial, verificando-se uma postergação das decisões de investir por parte dos agentes econômicos. Como já mencionado no capítulo anterior, no caso específico da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, alguns investimentos para modernização foram realizados a partir de meados dos anos 80, principalmente por empresas que dispunham de

condições mais favoráveis, tanto do ponto de vista financeiro quanto de sua capacitação. No entanto, como mostram diversos estudos realizados a respeito do setor, tais investimentos foram insuficientes para atualizar o parque instalado de máquinas, dificultando o acompanhamento da rápida evolução tecnológica que ora se verifica nesse setor, nos países desenvolvidos.<sup>30</sup>

Tratando-se especificamente do segmento de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte localizadas no Rio Grande do Sul, é de se supor que tenham acompanhado de perto esse comportamento. Considerando-se o grupo de empresas selecionadas para este estudo, verifica-se que o número das que realizaram investimentos em capital fixo a partir da segunda metade dos anos 80 foi bastante reduzido: de oito empresas entrevistadas, somente três fizeram investimentos em 1988 e em 1993.

Decorre daí uma certa defasagem na atualização dos equipamentos utilizados por essas empresas. Um dos indicadores desse fato é a elevada idade média dos mesmos, conforme se observa no Quadro 3.6. Na época em que as entrevistas foram realizadas, os equipamentos mais importantes da maioria das empresas entrevistadas no Rio Grande do Sul tinham entre 15 e 20 anos. Somente duas possuíam máquinas mais novas em sua planta, cuja idade média não ultrapassava 10 anos. Cabe salientar, contudo, que essas são as empresas que foram instaladas no estado na segunda metade dos anos 80.

---

30 Ver BNDES (1988), Laplane (1989 e 1990), Cruz (1993).

Quadro 3.6

Idade média dos principais equipamentos das empresas  
selecionadas no Rio Grande do Sul

IDADE MÉDIA	NÚMERO DE EMPRESAS
Até 10 anos	2
De 15 a 20 anos	6
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Outro indicador da atualização dos equipamentos das empresas adotado neste trabalho, é a existência de máquinas-ferramentas com comando numérico computadorizado e de centros de usinagem no parque de máquinas das firmas. Constatou-se que somente a metade das empresas possuía esse tipo de equipamentos na época das entrevistas, principalmente centros de usinagem (em torno de três a cinco por empresa) e tornos com comando numérico computadorizado (entre quatro a oito por empresa). Deve-se ressaltar que, numa das empresas que possuía centros de usinagem, estes eram de fabricação própria. Somente uma empresa possuía uma fresadora com comando numérico computadorizado. Em uma outra, em seu processo de fabricação, observou-se a presença de cerca de seis retificadoras com comando numérico computadorizado de fabricação própria, e, em outra, mandriladoras com comando numérico computadorizado de fabricação própria.

De um modo geral, detectou-se que as empresas que fabricam máquinas-ferramentas adequadas ao seu processo de fabricação, incorporam as máquinas de fabricação própria nas suas linhas produção. Ademais, a prática do *retrofitting* em máquinas antigas é elevada, devido, principalmente, à diferença de preço existente entre a reforma da máquina e uma máquina nova. Além disso, a produtividade das máquinas "retrofitadas" é semelhante às das novas máquinas com comando numérico computadorizado.<sup>31</sup> No entanto vale lembrar que nem todas as máquinas convencionais podem ser transformadas em máquinas com comando numérico. Essa possibilidade depende da estrutura da máquina antiga ser ou não adequada à reforma. Na maioria das vezes, o *retrofitting* é feito na própria empresa, a partir do conhecimento e da experiência que a empresa possui na fabricação de máquinas com comando numérico, entretanto algumas firmas utilizam o serviço de outras para tal fim.<sup>32</sup>

No caso das empresas que adquiriram novos equipamentos, o fornecedor, na maioria das vezes, propicia o treinamento para técnicos e operadores. Deve-se notar que esse é um dos importantes mecanismos de aprendizado, principalmente para aquelas empresas em que a mão-de-obra não está totalmente

---

31 A reforma de uma máquina custa, aproximadamente, 40% menos do que uma máquina nova.

32 Como já mencionado, no Rio Grande do Sul existe uma empresa do setor que, além de fabricar máquinas-ferramentas, é especializada em transformar máquinas convencionais antigas em máquinas com comando numérico para outras empresas.

familiarizada com os sistemas eletrônicos das máquinas. Ademais, a compra de uma máquina significa um novo equipamento no processo de fabricação, geralmente mais atualizado do que os já existentes. Para colocá-lo em funcionamento e utilizar todo o seu potencial, os operadores precisam entender seu funcionamento para que efetue as operações da forma mais eficiente.

Como se pode verificar no Quadro 3.7, em duas das empresas entrevistadas que possuem máquinas com comando numérico e centros de usinagem, as operações realizadas por essas máquinas representavam em torno de 80% a 90% do total de operações de usinagem (principalmente operações de torneamento, fresamento) realizadas para a fabricação dos produtos.<sup>33</sup> Nas outras duas empresas, as operações de usinagem realizadas pelas máquinas com comando numérico não ultrapassavam 60% do total de operações.

---

33 Uma dessas empresas é a única de propriedade de capital estrangeiro no estado, cuja maioria dos equipamentos com comando numérico são de fabricação própria. A outra é uma empresa de porte pequeno, instalada na segunda metade dos anos 80, que se destaca entre os demais fabricantes de máquinas-ferramentas no estado pelo esforço para a atualização tecnológica que vem realizando, o que lhe possibilita a fabricação de máquinas especiais com um grau relativamente elevado de sofisticação técnica.

Quadro 3.7

Percentual de operações realizadas em máquinas-ferramentas  
com comando numérico e centros de usinagem em  
empresas selecionadas no Rio Grande do Sul

EMPRESAS	PERCENTUAL DAS OPERAÇÕES
Empresa 1	entre 80 a 90
Empresa 2	entre 80 a 90
Empresa 3	entre 50 a 60
Empresa 4	entre 40 a 50
Empresa 5	0
Empresa 6	0
Empresa 7	0
Empresa 8	0
TOTAL DE EMPRESAS	8

FONTE: Pesquisa de campo

Constatou-se, ainda, que as máquinas-ferramentas com comando numérico e os centros de usinagem foram adquiridos com o objetivo de solucionar gargalos no processo produtivo e, portanto, resolver alguns problemas específicos da usinagem de algumas peças, proporcionando melhor qualidade do processo de usinagem e redução no número de refugos. Ou seja, a natureza da peça a ser usinada tornou, de certa forma, imperativo o uso dessas máquinas, a despeito de o volume de produção fabricado (como também o tamanho do lote de peças) em algumas das empresas não ser adequado à introdução desses equipamentos no processo de fabricação, na época em que os equipamentos foram adquiridos<sup>34</sup>,

34 Por exemplo, uma das empresas consultadas fabricava somente de 12 a 15 máquinas por mês em 1993, quando foram realizadas as entrevistas.

pois como já mencionado no Capítulo 1 deste trabalho, quando os lotes são muito pequenos, ou, ainda, quando é feita a usinagem de peças muito diferenciadas - o que implica mudanças frequentes no equipamento -, não há vantagens em incorporar as máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem no processo produtivo (ou sistemas flexíveis como as células de fabricação, como será visto mais adiante). Isso é particularmente característico do segmento de máquinas-ferramentas especiais, usualmente fabricadas sob encomenda. Nesse segmento, a utilização de equipamentos automatizados é restrita, a menos que os produtos finais da empresa apresentem uma certa padronização ou modularização (uso de partes e componentes comuns nas diversas máquinas fabricadas). No caso das máquinas-ferramentas de uso geral, a automação do processo exige escalas mínimas de produção que dependem do tipo de máquina produzida. No caso das empresas consultadas no Rio Grande do Sul, tem-se, então, que o volume de produção e o tamanho dos lotes de peças fabricados não foi um dos motivos que levou as empresas a adquirirem as máquinas com comando numérico e centros de usinagem. Cabe aqui lembrar que, na maioria dos casos, as fábricas estão superdimensionadas para os atuais níveis de produção.

Com relação às quatro empresas que não possuíam equipamentos com comando numérico no seu processo de fabricação, três aspectos devem ser mencionados. O primeiro diz respeito ao tamanho reduzido dessas empresas. Todas são empresas de pequeno porte, o que lhes permite um volume de produção bastante baixo e,

conseqüentemente, pouco adequado à introdução de máquinas com comando numérico no processo de fabricação.<sup>35</sup> Ademais, principalmente a partir do final dos anos 80, houve uma tendência de queda acentuada no nível de produção dessas empresas justamente no período em que as demais empresas do setor fizeram um certo esforço para modernização de suas atividades. Em uma delas, a produção de máquinas-ferramentas era significativamente baixa na época em que foi realizada a entrevista para o presente trabalho.<sup>36</sup> A fabricação de produtos modulares poderia ser uma alternativa para viabilizar o uso de máquinas-ferramentas com comando numérico no processo de fabricação dessas empresas com baixo volume de produção. Contudo, devido à grande diversidade de máquinas produzidas e à inexistência de atividades de engenharia de produto que propiciem melhoramentos nas máquinas fabricadas, essas empresas não adequaram seus produtos para o uso de partes e componentes comuns, o que foi feito em três empresas consultadas, que já incorporaram máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem no processo de fabricação.

O segundo aspecto refere-se ao tipo de máquinas fabricadas. Todas as quatro empresas fabricam máquinas-ferramentas convencionais, tecnologicamente pouco sofisticadas, cuja

---

35 No Capítulo 1, foi apresentada uma descrição das diferentes configurações das máquinas-ferramentas e dos sistemas de máquinas de acordo com a variedade dos lotes de peças a serem produzidas e o volume de sua produção anual. Em especial, ver o Gráfico 1.1.

36 A divisão de máquinas nesta empresa representava cerca de 80% do faturamento no período 1986-88, passando a menos de 5% em 1993.

fabricação não requer a utilização de máquinas com comando numérico. Deve-se agregar, ainda, o fato de que a maioria dessas firmas apresenta uma grande diversificação na sua linha de produtos, e as máquinas são fabricadas sem nenhuma padronização, o que dificulta o uso de máquinas-ferramentas com comando numérico no processo produtivo. Além disso, como mencionou Ferreira (1987, p.166),

"(...) para uma empresa fabricante de MF (máquinas-ferramentas) convencionais, tornar-se usuária de MFCN (máquinas-ferramentas com comando numérico) 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".

O último aspecto, que está de certa forma relacionado com os anteriores, refere-se ao fato de serem essas as empresas mais afetadas pelas instabilidades econômicas do país na década de 80. Isso decorre, de um lado, da frágil situação financeira das empresas no período e, de outro, da sua forma de inserção no mercado. No segmento de mercado em que atuam, a concorrência dá-se basicamente em preço, fazendo com que a permanência das empresas no mercado esteja fortemente condicionada à sua capacidade de reduzir custos de fabricação. Sem condições para tanto, devido à própria fragilidade financeira ou à forma de organização da produção, as empresas tornaram-se cada vez mais marginais no mercado em que atuam. Inclusive, uma delas iniciou

um processo de desativação da divisão de máquinas nos primeiros anos da presente década, direcionando-se para a fabricação de outros produtos. É preciso ressaltar, ainda, que as empresas alegam não ter recursos para realizarem um sucateamento tecnológico de seu parque já instalado de máquinas-ferramentas convencionais e adquirirem novos equipamentos com comando numérico.

No que se refere à atualização dos equipamentos nas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas localizadas em São Paulo, verificou-se que, na maioria das 10 empresas selecionadas, os principais equipamentos possuem mais de 15 anos. Da mesma forma que nas firmas estabelecidas no Rio Grande do Sul, os investimentos realizados ao longo dos anos 80 foram insuficientes para atualizar o parque instalado de máquinas. Entre as empresas consultadas, seis realizaram investimentos a partir de meados dos anos oitenta, direcionados, em grande medida, para a modernização dos equipamentos mediante a substituição de algumas máquinas antigas.

Os dados apresentados no Quadro 3.8 mostram que, nas empresas selecionadas em São Paulo, o percentual de operações realizadas em máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem era elevado em cinco empresas, (mais de 50% das operações). Cabe notar que uma parcela significativa dos equipamentos com comando numérico utilizados por essas empresas são máquinas de fabricação própria. Ademais, de forma semelhante

aos fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, a prática do *retrofitting* é bastante adotada. Cerca de cinco empresas consultadas em São Paulo mencionaram ter reformado alguns equipamentos convencionais antigos na própria empresa ou utilizando os serviços de outras firmas especializadas.

### Quadro 3.8

Percentual de operações realizadas em máquinas-ferramentas  
com comando numérico e centros de usinagem  
em empresas selecionadas em São Paulo

EMPRESAS	PERCENTUAL DAS OPERAÇÕES
Empresa 1	entre 80 a 90
Empresa 2	entre 50 a 80
Empresa 3	entre 50 a 80
Empresa 4	entre 50 a 80
Empresa 5	entre 50 a 80
Empresa 6	menos de 20
Empresa 7	menos de 20
Empresa 8	menos de 20
Empresa 9	menos de 20
Empresa 10	menos de 20
TOTAL DE EMPRESAS	10

FONTE: Pesquisa de campo

Os tipos de máquinas produzidas, a diversidade de peças necessárias para cada um dos modelos fabricados e o baixo volume de produção foram as justificativas apresentadas para o reduzido percentual de operações realizadas em equipamentos com comando numérico nas cinco empresas consultadas em São Paulo, que

mencionaram adotar esses equipamentos em menos de 20% das tarefas realizadas ao longo do processo de fabricação. Deve-se notar que duas dessas empresas são especializadas na fabricação de máquinas especiais, o que, dadas as características do processo de produção e a utilização de um número reduzido de peças repetitivas, torna o uso de equipamentos com comando numérico menos apropriado.

Considerando-se as informações apresentadas nos parágrafos anteriores, é possível inferir que o parque de máquinas das empresas selecionadas em ambos os estados está envelhecendo e que os investimentos realizados desde meados dos anos 80 visaram muito mais à substituição de algumas máquinas antigas do que à ampliação das plantas.<sup>37</sup> Principalmente no Rio Grande do Sul, a transferência de tecnologia por intermédio da aquisição de novos equipamentos com sistemas eletrônicos de controle ficou reduzida a um número bastante restrito de empresas. Portanto, um dos mecanismos que pode ser empregado para ampliar o estoque de conhecimentos das firmas por meio da assimilação de informações tecnológicas incorporadas às máquinas e oriundas de outras empresas foi muito pouco utilizado pelas empresas deste estado. No que se refere a São Paulo, podem-se apontar três aspectos característicos do grupo de empresas selecionadas, que devem ser responsáveis pelo fato de as empresas incorporarem um maior

---

37 Essas constatações coincidem com os resultados da pesquisa de campo realizada para o Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira (ECIB) referentes à indústria de máquinas-ferramentas. Ver Cruz (1993, p.33 e 39).

número de máquinas-ferramentas com comando numérico no processo de fabricação: a maior presença de subsidiárias de empresas estrangeiras; o maior porte das empresas; e, ainda, o maior número de empresas que ingressaram no segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico. Esses aspectos serão abordados no decorrer da análise dos demais resultados da pesquisa de campo, pois grande parte das diferenças existentes entre os dois grupos de empresas devem ser a eles atribuídas.

#### **Utilização de células de fabricação e de novas técnicas organizacionais**

Como mostra o Quadro 3.9, somente duas firmas selecionadas no Rio Grande do Sul mencionaram adotar células flexíveis de fabricação em seu processo produtivo, cuja implementação data de 1990 e 1991.<sup>38</sup> Em ambos os casos, as células de fabricação foram organizadas para realizar operações da fase de usinagem das peças, sobretudo torneamento e fresamento. As peças usinadas nessas células representavam em torno de 50% a 70% do total de peças usinadas em cada uma das empresas na época das entrevistas.

Nas demais empresas selecionadas, o *lay out* do processo de produção não foi redesenhado para agrupar máquinas-ferramentas

---

38 Constatou-se, nas entrevistas realizadas junto às empresas selecionadas, que, em alguns casos, os centros de usinagem são considerados células flexíveis de fabricação. Nesta pesquisa, houve o cuidado de se fazer a distinção que existe entre os dois, conforme já explicitado no Capítulo 1.

com comando numérico interligadas. Os equipamentos permanecem dispostos em linha, e a utilização sendo feita de forma isolada, dependendo do tipo de operações que realizam (torneamento, furação, mandrilamento, etc.).

### Quadro 3.9

#### Utilização de células de fabricação e de novas técnicas organizacionais pelas empresas selecionadas no Rio Grande do Sul

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Células de produção	2
Círculo de controle de qualidade	0
Controle estatístico de processo	1
<i>Just in time</i>	2
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>3</b>

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: As demais empresas selecionadas não utilizavam nenhuma das técnicas organizacionais e células de produção na época das entrevistas.

As mesmas razões que explicam a não-utilização de máquinas-ferramentas com comando numérico, mencionadas acima, podem ser apontadas para o caso da não-adoção de células flexíveis de fabricação. Assim, a reduzida escala de produção, a variedade dos lotes de peças, o tipo de produtos fabricados e, em alguns casos, a situação financeira da empresa foram justificativas dadas pelas empresas para a não-adoção de células no processo de fabricação.

É interessante observar que, para uma das empresas mais importantes do estado (a de capital estrangeiro), tanto do ponto de vista do volume de produção quanto da sofisticação das máquinas fabricadas, o número reduzido de lotes fabricados foi a justificativa para a não-adoção de células de produção, a despeito de a empresa fabricar um número limitado de famílias de máquinas modulares.

Sob o ponto de vista da utilização de técnicas organizacionais, o Quadro 3.9 mostra que mais da metade das empresas da amostra não utilizavam nenhuma das técnicas mencionadas por ocasião da entrevista.<sup>39</sup> Cabe notar que nenhuma das oito empresas selecionadas adotavam círculos de controle de qualidade ao longo do processo de fabricação.

O controle estatístico de processo<sup>40</sup> era utilizado somente por uma das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul. Deve-se salientar que esse controle de processo não era feito em todas as

---

39 Os resultados obtidos não coincidem com os apresentados no Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira referentes à indústria de máquinas-ferramentas. Nesta pesquisa, a maioria das empresas que responderam aos questionários enviados utilizava as novas técnicas organizacionais, com baixa e média intensidade, em 1987-89 e em 1992.

40 Conforme Humphrey (1993, p.9), "(...) apesar do seu nome, o SPC (controle estatístico de processo) é '10% estatística e 90% ação gerencial' (Hradeskey 1988:1). A parte visível do SPC envolve o uso de técnicas estatísticas simples, principalmente a elaboração de médias e variâncias, com vistas a monitorar os processos de produção. A parte menos visível envolve, primeiramente, assegurar que os processos estão suficientemente sob controle para serem monitorados efetivamente dessa maneira; e, em segundo lugar, para ter à mão as técnicas de resolução de problemas, treinamento, motivação e planejamento requeridas para responder os problemas que são localizados".

atividades da empresa, mas somente no setor destinado a fornecer serviços de usinagem de peças para terceiros, basicamente para um fabricante de autopeças do estado.

Da mesma forma que as demais técnicas organizacionais, o uso de *just in time*<sup>41</sup> restringia-se a um número reduzido de empresas na época das entrevistas. Somente em duas firmas localizadas no Rio Grande do Sul foi registrado o emprego dessa técnica. Em uma dessas empresas, o *just in time* era adotado na etapa de usinagem das peças das máquinas produzidas (cerca de 20% das atividades da empresa), e, na outra, somente nos setores voltados para a usinagem de peças para outras empresas e para o *retrofitting* em máquinas convencionais, que representavam cerca de 70% das atividades da empresa. Na primeira, identificou-se uma modalidade de *just in time* utilizada por algumas empresas japonesas fabricantes de máquinas-ferramentas, na qual o fornecedor mantém um estoque de componentes dentro da fábrica, por consignaço, que abastece o sistema de *kanban* utilizado no processo de fabricação. Essa empresa é uma das que organizou o processo de fabricação em células de produção, associando, dessa forma, a disposição das máquinas a uma técnica de gerenciamento dos fluxos de materiais dentro da empresa.

---

41 Conforme Humphrey (1993, p.8), "(...) uma das definições de JIT (*just in time*) é simplesmente 'produzir a quantidade certa, no tempo certo com a qualidade certa'. Colocar esse princípio em prática significa melhorar o fluxo de bens e diminuir os estoques. A maneira mais rápida e barata para um produto passar por um sistema de fabricação é ele mover-se pela rota mais curta possível através de todos os estágios do processo produtivo, sem nunca parar ou esperar. Tudo mais é desperdício".

Examinando-se as informações fornecidas nas entrevistas com empresas selecionadas em São Paulo, verifica-se que, da mesma forma que as empresas do Rio Grande do Sul, tanto as células flexíveis de fabricação como as técnicas organizacionais mencionadas foram adotadas por um número reduzido de empresas, como é possível se visualizar no Quadro 3.10. Somente uma empresa reorganizou o lay out da fábrica para que os equipamentos ficassem dispostos sob a forma de células. Essa reorganização dos equipamentos foi realizada somente na unidade de fundição da empresa. Merece ser enfatizado que essa unidade era bastante importante, representando cerca de 40% do faturamento total na época em que foi realizada a entrevista. Além de fundidos para a própria empresa, eram fabricados fundidos para terceiros, assim como para exportação, desde 1990. Ademais, a empresa adotava círculos de controle de qualidade e controle estatístico de processo nessa unidade de fundição.

Quatro empresas fabricantes de máquinas-ferramentas localizadas em São Paulo mencionaram a utilização de círculos de controle de qualidade. Entre essas, uma restringe o uso dessa técnica à fundição, e as demais estavam, ainda, nas fases iniciais de implementação.

Quadro 3.10

Utilização de células de fabricação e de novas técnicas organizacionais pelas empresas selecionadas em São Paulo

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Células de produção	1
Círculo de controle de qualidade	4
Controle estatístico de processo	3
<i>Just in time</i>	1
TOTAL DE EMPRESAS	4

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: As demais empresas selecionadas não utilizavam nenhuma das técnicas organizacionais e nem células de produção na época das entrevistas.

Como mostra o Quadro 3.10, o controle estatístico de processo era adotado por três empresas estabelecidas em São Paulo. Em uma, esse controle era realizado exclusivamente na unidade de fundição. Trata-se da empresa que reorganizou a disposição dos equipamentos sob a forma de células e que se apresentava nas fases iniciais de implantação de círculos de controle de qualidade. Nas demais, esse levantamento foi introduzido nas fases de usinagem de peças e de montagem das máquinas. Cabe notar que, em uma destas últimas empresas, o controle estatístico foi adotado com o objetivo de permitir o acompanhamento do processo de fabricação, /e, na outra, foi implementado após a adoção de sistemas de medição nos primeiros anos da década de 90.

Entre as empresas selecionadas em São Paulo, somente uma adotava o sistema *just in time* que reduz os estoques intermediários de peças e componentes. Deve-se notar que esse sistema era restrito à unidade de fundição. Nas demais áreas da fábrica, era adotado um sistema de planejamento de compras de peças e componentes para atender a quatro meses de produção. Detectou-se uma diminuição nesse estoque, pois, até 1989, o planejamento de compras para aquisição de componentes era feito para nove meses. Conforme os representantes das empresas entrevistadas, a não-utilização do sistema *just in time* decorre, fundamentalmente, da natureza do processo de fabricação de máquinas-ferramentas, da diversidade de peças utilizadas, assim como dos baixos níveis de produção.

Em suma, tanto no Rio Grande do Sul como em São Paulo, as células flexíveis de fabricação e as técnicas organizacionais mencionadas nas entrevistas eram utilizadas por um número reduzido de empresas. Com relação a esse aspecto, o Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira, referente à indústria de máquinas-ferramentas alcançou resultados distintos, pois a maioria das empresas que responderam aos questionários enviados utilizava células de produção e técnicas organizacionais com

baixa e média intensidades em 1987-89 e em 1992.<sup>42</sup>

### Sistemas de controle de qualidade

O Quadro 3.11 mostra que somente três das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul realizavam o controle de qualidade em todas as etapas do processo de fabricação, e duas empresas o faziam apenas em algumas etapas, apesar de todos os entrevistados terem enfatizado a necessidade de aprimorar o controle de qualidade ao longo do processo de produção. As demais adotavam esse controle somente em produtos acabados, ou não o utilizavam.

Uma das empresas que mencionou a utilização de controle de qualidade em todas as etapas de fabricação adota, desde 1982-83, o sistema de qualidade baseado nas normas da Petrobrás.<sup>43</sup> Essa mesma empresa possui o selo TÜV, desde 1988, fornecido por uma entidade alemã, para três modelos de máquinas. Esse certificado dá garantia da qualidade do produto e possui boa aceitação nas vendas externas da empresa para os Estados Unidos, Europa e Ásia. Tanto a elaboração de projetos como todo o processo de fabricação

---

42 Conforme esse estudo "(...) para o uso de dispositivos microeletrônicos, são consideradas empresas de baixa intensidade de uso aquelas que os utilizam em até 10% das operações, média intensidade entre 11 e 50% e alta intensidade acima de 50%. Para o uso de técnicas organizacionais, são consideradas empresas de baixa intensidade aquelas que envolvem até 10% dos empregados ou das atividades, média intensidade entre 11 e 50% e alta intensidade acima de 50%" (CRUZ, 1993, p.70).

43 Cabe notar, aqui, que uma das divisões dessa empresa fabrica ferramentas para a prospecção de petróleo, mantendo, portanto, uma forte relação com a Petrobrás.

até a fase final de montagem da máquina foram colocados dentro das normas necessárias e aferidos na época. A cada dois anos, nova inspeção é feita, o que permite à empresa renovar o certificado de garantia da qualidade do produto.

### Quadro 3.11

#### Utilização de controle de qualidade na produção pelas empresas selecionadas no Rio Grande do Sul

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Não realiza	2
Somente em produtos acabados	1
Em algumas etapas	2
Em todas as etapas	3
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Com relação à ISO-9000, somente duas firmas localizadas no Rio Grande do Sul estão em fase adiantada de implantação das normas ISO, e uma realiza estudos que visam à sua implantação.<sup>44</sup> As demais empresas selecionadas incluem em seus planos para o futuro o início dos estudos para a adequação às normas, ou, simplesmente, não pretendem adotá-las, como mostra o Quadro 3.12.

<sup>44</sup> Essas empresas visam à obtenção do certificado da ISO-9001, que é o conjunto de normas mais abrangente para o sistema de qualidade da empresa. Envolve desde a engenharia de projeto, passando pelo desenvolvimento do produto, pela produção, pela instalação e pela assistência técnica nos serviços pós-venda. (HUMPHREY, 1993, p.8)

De um modo geral, a maioria dos entrevistados afirmou que ainda não existem exigências do certificado ISO por parte dos compradores. Tendo em vista que as normas ISO são bastante amplas, não se restringindo somente à área de produção, constatou-se que a adequação das empresas que visam ao certificado tem como objetivo a reorganização de todas as atividades da firma, como uma preparação para o futuro.

Quadro 3.12

Situação das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul  
em relação à ISO-9000

SITUAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Não conhece	0
Conhece e não pretende adotar	2
Conhece e pretende iniciar os estudos	3
Realiza estudos visando à implantação	1
Recém iniciou a implantação	0
Esta em fase adiantada de implantação	2
Já completou a implantação, mas ainda não obteve o certificado	0
Já obteve o certificado	0
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Considerando-se as informações obtidas nas entrevistas realizadas junto às empresas selecionadas em São Paulo, constata-

se que a maioria delas já adotavam o controle de qualidade em todas as etapas de fabricação. Geralmente, tal controle era realizado pelos próprios operadores dos equipamentos e montadores das máquinas, sendo supervisionado por uma equipe de controle de qualidade. Como se pode visualizar no Quadro 3.13, somente uma empresa não utilizava esse controle, e outra o adotava apenas em algumas etapas do processo de fabricação.

Cabe notar que uma das empresas que realizava o controle de qualidade em todas as etapas da produção possui, desde 1987, o selo de qualidade TÜV para alguns modelos de máquinas fabricados. Como já mencionado para o caso da empresa gaúcha que também adquiriu tal selo de qualidade, a obtenção do selo requer que todo o processo de fabricação - desde a elaboração de projetos até a fase final de montagem da máquina - seja colocado dentro das normas exigidas pela instituição que fornece o certificado.

Quadro 3.13

Utilização de controle de qualidade na produção pelas empresas selecionadas em São Paulo

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Não realiza	1
Somente em produtos acabados	0
Em algumas etapas	1
Em todas as etapas	8
TOTAL DE EMPRESAS	10

FONTE: Pesquisa de campo

No que se refere à ISO-9000, detectou-se que cinco das 10 empresas consultadas em São Paulo realizavam estudos visando à sua implantação. Entre as duas empresas que estão em fase adiantada de implantação, uma visa à ISO-9002, cujas normas referem-se somente à produção e às instalações e, a outra, à ISO-9001, que implica a adequação de todas as atividades da empresa.

Quadro 3.14

Situação das empresas selecionadas em São Paulo  
em relação à ISO-9000

SITUAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Não conhece	0
Conhece e não pretende adotar	0
Conhece e pretende iniciar os estudos	3
Realiza estudos visando à implantação	5
Recém iniciou a implantação	0
Esta em fase adiantada de implantação	2
Já completou a implantação, mas ainda não obteve o certificado	0
Já obteve o certificado	0
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>10</b>

FONTE: Pesquisa de campo

De um modo geral, a maioria dos entrevistados afirmou que ainda não existem exigências do certificado ISO por parte dos compradores. Segundo suas informações, a marca utilizada nos

produtos assegura a aceitação no mercado, sendo considerada pelos usuários como um sinônimo de qualidade. Isso se refere tanto às máquinas já tradicionais no mercado e amplamente conhecidas pelo seu desempenho (principalmente as máquinas convencionais) como também aos produtos fabricados pelas empresas estrangeiras ou sob licenciamento de tecnologia que utilizam marcas oriundas dos países de origem. Neste último caso, as máquinas fabricadas possuem, inclusive, aceitação no mercado internacional.

Considerando-se as informações referentes à qualidade (círculos de controle de qualidade, etapas da fabricação que utilizam o controle de qualidade e adequação às normas ISO) apresentadas nos parágrafos anteriores, verifica-se que as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul examinadas neste estudo pouco avançaram nessa área. Somente um núcleo restrito de empresas apresentou condições de desenvolver e ampliar os conhecimentos relacionados ao controle de qualidade. Por outro lado, detectou-se que as firmas localizadas em São Paulo se encontram mais avançadas do que as do Rio Grande do Sul, principalmente no que se refere ao controle de qualidade ao longo do processo de produção. O maior número de subsidiárias de empresas estrangeiras em São Paulo parece ter influenciado esse resultado, pois todas essas empresas incorporaram as normas seguidas pelas matrizes para prevenir erros ao longo do processo.

### **Relacionamento com fornecedores e usuários**

Para finalizar esta seção, cabe examinar o papel desempenhado pelos fornecedores e usuários de máquinas-ferramentas no processo de ampliação e desenvolvimento de habilidades que sustentam as rotinas de produção e a busca de melhoramentos nas linhas de produção.

Como já mencionado no capítulo anterior, em particular no item que trata das modificações na estrutura da indústria de máquinas-ferramentas nos países desenvolvidos, dadas as características dos produtos da indústria em questão, os fabricantes mantêm uma estreita relação com usuários e fornecedores, que tende a se intensificar na medida em que as inovações de produto se tornam cada vez mais freqüentes. O importante a salientar é que os encadeamentos existentes entre os fabricantes de máquinas-ferramentas e outros segmentos industriais geram não somente fluxos de compra e venda mas, também, fluxos de informações.

O contato dos fabricantes de máquinas-ferramentas com os usuários de seus produtos está relacionado com o desenvolvimento e a adequação do produto para responder às exigências das firmas compradoras, o que será examinado mais adiante. No entanto deve-se notar que, quanto mais dinâmico e tecnologicamente sofisticado for o mercado, maior será a motivação dos fabricantes de máquinas para melhorar o processo de fabricação.

Assim, no caso das empresas consultadas no Rio Grande do Sul que fabricam máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem, detectou-se que foram as que mais avançaram no sentido de aperfeiçoar o processo de fabricação. Como já examinado nos parágrafos anteriores, essas quatro empresas são as que incorporaram máquinas com comando numérico no processo de produção e que adotaram algumas das técnicas organizacionais e formas de controle de qualidade mencionadas nas entrevistas.

A incorporação dos comandos numéricos às máquinas-ferramentas fez com que as empresas, além de se tornarem compradoras dos sistemas fabricados no complexo eletrônico, intensificassem o fluxo de informações com as firmas desse complexo. No entanto somente uma das empresas consultadas mencionou ter desenvolvido um projeto conjunto de comando numérico para retificadoras com uma empresa do segmento de automação industrial do Rio Grande do Sul. Nas demais, não se verificou nenhuma modalidade de relacionamento formal com os fornecedores. Na maioria das vezes, os comandos utilizados nas máquinas são estandardizados e disponíveis no mercado nacional e no internacional, no caso dos mais sofisticados. Na empresa que fabrica máquinas sob encomenda, o comprador participa também na escolha do comando a ser utilizado, caso tenha alguma preferência.

A compra dos demais componentes (hidráulicos, pneumáticos, elétricos, etc) fabricados por terceiros também não envolve

modalidades formais de relacionamento entre as empresas. Geralmente, são peças e componentes simples ou que já se encontram normatizados e disponíveis no mercado. Grande parte desses componentes são adquiridos pelas empresas no mercado internacional.

Os fabricantes de máquinas-ferramentas selecionados em São Paulo mencionaram formas de relacionamento com os fornecedores semelhantes às detectadas junto às empresas localizadas no Rio Grande do Sul. Com relação a esse aspecto, pode-se inferir que não há diferenças marcantes entre esse dois grupos de empresas.

Para finalizar o exame das ações implementadas pelas firmas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte no Rio Grande do Sul na busca de novos conhecimentos e habilidades que ampliem o estoque de conhecimentos referentes à operação das plantas, cabe enfatizar que os mecanismos utilizados (atualização dos equipamentos, utilização de novas técnicas organizacionais e de sistemas de controle de qualidade) implicam a ampliação do escopo das tarefas dos trabalhadores. Por exemplo, às rotinas dos operadores das máquinas são incorporadas outras relacionadas ao controle de qualidade ou do fluxo de materiais. Concomitantemente, os mecanismos utilizados determinam novas exigências quanto à formação e ao treinamento da mão-de-obra. A operação de máquinas-ferramentas com comando numérico exige conhecimentos distintos daqueles necessários para a operação das máquinas convencionais. Esse fato tem levado a maioria das

empresas entrevistadas, que atualizaram seus equipamentos, a aderirem a uma política de gestão da mão-de-obra direcionada à estabilização do emprego dos trabalhadores que já adquiriram os conhecimentos e a experiência necessários para a operação das máquinas com comando numérico.

### 3.3.1.2 - Produto

Os mecanismos utilizados pelas firmas para a ampliação dos conhecimentos relacionados aos produtos fabricados são distintos daqueles usualmente adotados para o incremento das capacidades no processo de fabricação. Destacam-se, principalmente, as diversas formas de relacionamento com os usuários, o licenciamento de tecnologia e as atividades de pesquisa e desenvolvimento<sup>45</sup>.

Os indicadores selecionados para o exame do desenvolvimento de capacidades tecnológicas nas empresas, no âmbito dos produtos fabricados, foram: o início de fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico, a idade dos produtos fabricados e a periodicidade da atualização dos produtos já fabricados.

Uma das importantes fontes de informação tecnológica utilizada pelos fabricantes de máquinas-ferramentas para a ampliação dos conhecimentos que dominam provém da relação que se estabelece com os usuários de seus produtos, pois tanto a

---

45 Neste estudo, as atividades de pesquisa e desenvolvimento serão tratadas separadamente mais adiante.

introdução de um novo produto como a adoção de um meio mais econômico de produzir um produto já existente requerem que o setor fabricante de máquinas-ferramentas produza uma nova máquina ou faça adaptações em sua linha de produtos de acordo com as especificações necessárias.

A crescente demanda por equipamentos que atendam às necessidades de maior eficiência, automatização e flexibilidade do processo de produção das empresas fabricantes de bens de consumo e dos demais bens de capital vem estimulando a rápida incorporação de inovações por parte da indústria de máquinas-ferramentas nas últimas décadas, principalmente nos países desenvolvidos. Grande parte dessas inovações resulta do progresso técnico gerado em outros setores de atividades, notadamente no complexo eletrônico. A indústria de máquinas-ferramentas, visando atender aos novos requisitos dos demandantes de seus produtos, passou a incorporar as inovações geradas nesse complexo, repassando-as aos setores usuários de suas máquinas.

De um modo geral, verifica-se que os melhores desempenhos produtivos e tecnológicos da indústria de máquinas-ferramentas localizaram-se nos países que, nas últimas décadas, apresentaram maiores avanços na área da eletrônica e nos quais as atividades do complexo eletromecânico foram dinâmicas e tecnologicamente sofisticadas.<sup>46</sup> A proximidade com os segmentos geradores de progresso técnico e com setores demandantes de máquinas mais

---

46 A esse respeito, ver o Capítulo 2 deste trabalho.

flexíveis, automatizadas e eficientes intensificou os encadeamentos a montante e a jusante da indústria de máquinas-ferramentas. Os relacionamentos interindustriais daí resultantes tornaram-se intensos e indutores do avanço tecnológico na indústria em questão. Diferentemente, no Brasil, dadas as características do desenvolvimento industrial e as condições macroeconômicas adversas que predominaram ao longo dos anos 80, os elos estabelecidos entre a indústria de máquinas-ferramentas e os setores fornecedores e usuários tornaram-se frágeis e pouco indutores de progresso técnico.

Para se examinar a influência que os usuários de máquinas exercem sobre as modificações nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas, há que se considerar o fato de as formas de relacionamento entre os fabricantes de máquinas sob encomenda e os setores compradores serem distintas daquelas estabelecidas entre os fabricantes de máquinas seriadas e os respectivos setores usuários.

No caso das máquinas fabricadas sob encomenda, o relacionamento com os usuários é mais direto, pois o comprador participa ativamente das fases iniciais de especificação e de projeto do equipamento, de forma a adequar a máquina a ser fabricada às suas necessidades. Tanto o fabricante de máquinas especiais instalado no Rio Grande do Sul como os localizados em São Paulo mencionaram a importância do contato com o usuário da máquina, principalmente nas etapas de definição do equipamento.

Ademais, deve-se notar que, em alguns casos, o fabricante concede ao comprador uma assistência pós-venda, que consiste na instalação do equipamento na fábrica, no ensino do funcionamento do equipamento e em como é feita sua manutenção. Isso, geralmente, implica a permanência de alguns técnicos da empresa na fábrica do comprador durante um determinado período de tempo.

Já no que se refere à fabricação de máquinas seriadas, o contato dos fabricantes com os compradores é indireto. Nas entrevistas realizadas para este trabalho junto a empresas desse segmento, detectou-se que, normalmente, isso se faz por intermédio do departamento de vendas da empresa. De um modo geral, cabe a esse departamento, além da venda dos produtos da empresa, o papel de sinalizador das exigências e das necessidades dos compradores potenciais, as quais são repassadas para as demais áreas das empresas. Nas entrevistas realizadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo, foi possível avaliar a ênfase dada pelas empresas a esse aspecto, notadamente após a abertura de mercado e o conseqüente aumento da competição com as máquinas importadas. Adicionalmente, deve-se notar que, em alguns casos, a empresa faz pequenas adaptações nas máquinas para atender a algumas exigências específicas dos compradores.

Como apresentado no capítulo anterior, o início da fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico no país data de meados da década de 70. As subsidiárias de empresas

estrangeiras e as empresas nacionais de maior porte foram as primeiras a fabricar tais produtos.

No Rio Grande do Sul, as empresas ingressaram na fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico mais tardiamente. Foi somente nos primeiros anos da década de 80 que a empresa estrangeira localizada no estado começou a produzir as primeiras máquinas com comando numérico (mandriladoras com comando numérico computadorizado e centros de usinagem verticais). Nos anos de 1984 e 1985, duas outras firmas iniciaram a produção de máquinas de usinagem por eletroerosão com comando numérico computadorizado e de retificadoras com comando numérico computadorizado. Em 1986, foi instalada uma empresa que fabrica exclusivamente máquinas com comando numérico produzidas sob encomenda.

As informações obtidas nas entrevistas mostram que, de um modo geral, ocorre um certo envelhecimento da linha de produtos das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul. No caso das máquinas convencionais, que para algumas empresas corresponde ao produto principal, a idade média é de mais de 10 anos. Entretanto pelo menos três empresas mencionaram que, nos últimos 10 anos, fizeram um trabalho de atualização das máquinas convencionais, seja para reduzir custos, seja para permitir a incorporação de comando numérico. Estas últimas direcionam-se, preferencialmente, ao atendimento a demanda das empresas de pequeno porte que prestam serviços a terceiros.

Já as máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem, conforme informações fornecidas nas entrevistas, não tinham menos de oito anos. Entretanto deve ser ressaltado que a abertura de mercado, facilitando a importação de comandos numéricos de última geração, propiciou às empresas a fabricação de novos produtos, visto que a parte eletrônica é considerada a mais importante. Ademais, em alguns casos, é feita anualmente a atualização das máquinas a serem fabricadas, ou seja, o mesmo modelo é revisado, visando ao seu aperfeiçoamento.

A maioria das empresas selecionadas em São Paulo iniciou a fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico em meados dos anos 70. Pelo menos duas firmas mencionaram que começaram a fabricação de máquinas com comando numérico somente após 1986. Em ambas, as máquinas convencionais representam, ainda, a maior parcela do faturamento da empresa.

Considerando-se as sete empresas localizadas em São Paulo que fabricam exclusivamente máquinas seriadas, constatou-se que, em cinco, a idade média das máquinas-ferramentas convencionais era de mais de 10 anos. Da mesma forma que no segmento de empresas localizadas no Rio Grande do Sul, periodicamente é feita uma atualização dessas máquinas. Somente uma empresa mencionou que tal atualização foi realizada a partir de 1982 para se adequar aos padrões internacionais, dando-lhe condições de competir no mercado externo. Nas demais, o trabalho de revisão dos projetos objetivou, principalmente, a adequação do

equipamento ao preço que os demandantes se dispõem a pagar e, em alguns casos, a adaptação da máquina convencional para incorporar comandos computadorizados. De uma forma geral, as empresas entendem que, dadas as características do mercado interno, os modelos de máquinas convencionais fabricadas poderão continuar sendo produzidos por mais alguns anos, apesar de a demanda vir se restringindo.

Já no que se refere à idade média das máquinas-ferramentas com comando numérico, duas empresas selecionadas em São Paulo permanecem fabricando os mesmos modelos há mais de 10 anos. Nas outras cinco empresas que produzem máquinas seriadas, a idade média das principais máquinas-ferramentas com comando numérico fabricadas estava em torno de oito anos na época em que as entrevistas foram realizadas. Também no caso desses equipamentos, a maioria das empresas revisa periodicamente os modelos, fazendo pequenas alterações, geralmente para aperfeiçoar o seu funcionamento.

Como o objetivo de lançar novas linhas de produto no mercado, três empresas selecionadas em São Paulo fizeram acordos de transferência de tecnologia com empresas estrangeiras.<sup>47</sup> Uma dessas empresas assinou o contrato de licenciamento de tecnologia com uma empresa japonesa no final de 1986, o qual previa o

---

47 Cabe mencionar que uma subsidiária de empresa estrangeira localizada em São Paulo mantém um contrato de cooperação para a fabricação de fresadoras universais com comando numérico com uma empresa alemã. No entanto, por ocasião da entrevista, o representante da empresa não forneceu informações a respeito da natureza de tal contrato.

recebimento de quatro modelos de centros de torneamento ao longo de 10 anos. A outra empresa fez, em 1989, um acordo de licenciamento de tecnologia com uma empresa alemã para a fabricação de dois modelos de fresadora com comando numérico. Essa transmissão de tecnologia de produto foi interrompida por ocasião do Plano Collor, quando a empresa passou a enfrentar uma série de dificuldades que coincidiram com uma situação problemática na empresa alemã. No entanto a fabricação das fresadoras que foram objeto de licenciamento continuou, assim como a compra de alguns acessórios produzidos pela empresa alemã. Nos primeiros anos da década de 90, uma terceira empresa assinou um contrato de licenciamento de tecnologia com uma empresa européia. Na época da entrevista concedida para este trabalho, a empresa ainda estava em fase de construção dos protótipos dos modelos de máquinas recebidos.<sup>48</sup>

Em todos os casos, as empresas receberam, além dos desenhos dos modelos de máquinas, a tecnologia de fabricação e o treinamento de recursos humanos. Notadamente em uma das empresas, o contrato de licenciamento previa visitas periódicas de técnicos, de operadores e de montadores à fábrica da empresa no estrangeiro. Ademais, nessa mesma empresa, o esforço local de assimilação e de adaptação das informações recebidas por intermédio do licenciamento de tecnologia foi fundamental para a

---

48 O representante dessa empresa não forneceu maiores informações a respeito do contrato de licenciamento de tecnologia assinado, somente mencionou que era com uma empresa européia.

empresa evoluir tecnologicamente. Pode-se, inclusive, afirmar que, entre as três empresas consultadas em São Paulo que fizeram licenciamento de tecnologia, esta foi a que apresentou melhores condições de assimilar as informações tecnológicas que o contato com a empresa no exterior propiciou.

De acordo com as informações que foram levantadas junto aos fabricantes de máquinas-ferramentas selecionados no Rio Grande do Sul, a transferência de tecnologia de produto por meio de contratos de licenciamento não foi utilizada em nenhuma empresa. As empresas desenvolveram modelos próprios de máquinas com comando numérico (geralmente adaptações nas máquinas convencionais já fabricadas), além de dominarem a tecnologia das máquinas convencionais a partir de um aprendizado do tipo *learning by doing*. Provavelmente, o fato de as empresas localizadas no Rio Grande do Sul serem de menor porte do que as de São Paulo vem dificultando o acesso às empresas estrangeiras com condições de oferecerem formas de licenciamento de tecnologia. Pode-se, ainda, dizer que o estoque de conhecimentos existente na maioria das empresas é insuficiente para permitir que seja dado um salto na direção da atualização tecnológica dos produtos fabricados. Por seu turno, isso inviabiliza quaisquer contatos com empresas mais avançadas do ponto de vista tecnológico. Além disso, a fragilidade da situação financeira da maioria das empresas de menor porte no estado, assim como a própria organização interna e o fato de não possuírem departamentos de engenharia de produto ou de processo

institucionalizados são outros fatores que se agregam aos já mencionados para obstaculizar as ações por parte das empresas do Rio Grande do Sul para fazer licenciamento de tecnologia no exterior.<sup>49</sup>

A origem do capital das empresas é outro ponto importante para se detectarem as diferenças existentes entre as empresas no que se refere ao aprimoramento das habilidades orientadas para o domínio, o melhoramento e a adaptação dos produtos finais. As subsidiárias de empresas estrangeiras possuem maior acesso às inovações de produto, uma vez que as matrizes repassam as informações para as unidades instaladas no Brasil, a despeito de, na maioria dos casos, as empresas estrangeiras não realizarem localmente nenhum desenvolvimento de produto.<sup>50</sup> Um dos mecanismos de transmissão das informações habitualmente utilizado por essas empresas é o treinamento das pessoas envolvidas nas atividades de fabricação por técnicos da matriz. Nas entrevistas, detectou-se que isso se realiza mediante a vinda de engenheiros e/ou operadores e montadores da matriz para passar um período de tempo no Brasil junto aos trabalhadores da empresa, ou mediante o envio

---

49 Os aspectos que explicam o fato de as empresas localizadas no Rio Grande do Sul não terem realizado nenhum contrato de licenciamento de tecnologia no exterior podem, também, auxiliar no entendimento do caso de alguns fabricantes de máquinas-ferramentas de São Paulo que não adotaram essa forma de aquisição de tecnologia.

50 Como já mencionado anteriormente, a partir de 1992, a empresa estrangeira instalada no Rio Grande do Sul iniciou o desenvolvimento próprio de produtos, organizando, inclusive, uma área de engenharia de produto que, até então, não possuía.

de engenheiros e outros técnicos para estagiar na fábrica localizada no estrangeiro.<sup>51</sup>

No caso específico da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, o fato de existir somente uma subsidiária de empresa estrangeira e de as empresas de capital nacional não terem lançado mão do licenciamento para a aquisição de tecnologia de produto repercutiu no desenvolvimento de capacidades tecnológicas no âmbito dos produtos fabricados e, conseqüentemente, nas condições das empresas para acompanharem as inovações de produto ora em curso. De um modo geral, pode-se afirmar que as máquinas-ferramentas fabricadas no Rio Grande do Sul são equipamentos de menor porte e mais simples do que os fabricados pelas principais empresas localizadas em São Paulo.<sup>52</sup> Note-se que, somente em uma empresa gaúcha, a maioria das máquinas fabricadas é feita sob encomenda e somente duas firmas fabricam centros de usinagem.

---

51 Cabe ressaltar que essa forma de aprendizado, mediante o trabalho lado a lado com outros que possuem um maior nível de capacidades tecnológicas, é importante também para a ampliação dos conhecimentos no âmbito do processo de fabricação. Ver a esse respeito, Dahlman *et alii* (1987, p.765).

52 O fato de somente quatro empresas gaúchas constarem da **Relação dos Equipamentos e Empresas Fabricantes Financiados em 1992** pelos Programas Especial e Automático da FINAME (principal instrumento para o financiamento de bens de capital no país) indica que uma parcela da produção gaúcha de máquinas-ferramentas é constituída de máquinas simples e de baixo valor, não necessitando, portanto, de financiamento às vendas.

### 3.3.2- Capacitação em pesquisa e desenvolvimento

As atividades de pesquisa e desenvolvimento, além de gerarem novas informações no processo de busca de inovações e de aperfeiçoamentos nos produtos e nos processos produtivos, aumentam a capacidade da firma para identificar, assimilar e explorar o conhecimento de domínio público. Essas atividades devem ser vistas também como uma forma de aprendizado que confere às firmas melhores condições para adquirirem, usarem e adaptarem tecnologias desenvolvidas pelas demais empresas.

Tratando-se especificamente das empresas selecionadas para este estudo, observou-se que, em sua maioria, as empresas não possuíam equipes institucionalizadas para a realização de atividades de P&D. Apenas uma empresa fabricante de máquinas-ferramentas seriadas, localizada em São Paulo, dispunha de um departamento de P&D separado, com cerca de sessenta pessoas. As demais direcionavam seus esforços para a engenharia de fabricação<sup>53</sup>, bastante desenvolvida na maioria das empresas, e para a engenharia de produto<sup>54</sup>, cuja função principal era introduzir pequenas adaptações ou aperfeiçoamentos em tecnologias já utilizadas. Detectou-se, assim, que os esforços empreendidos pelas empresas estavam, em grande medida, direcionados para a

---

53 As atividades de engenharia de fabricação direcionam-se para os detalhes do processo de fabricação, como, por exemplo, a usinagem dos metais, soldagem, tratamentos diversos dados às peças, montagens, etc.

54 A engenharia de produto trata, principalmente, da concepção básica do produto, dimensionamento e desenhos e das partes a serem adquiridas de terceiros.

ampliação das capacidades tecnológicas de produção. Excepcionalmente, o processo de aprendizado decorrente das atividades de engenharia propiciou às empresas um nível de conhecimento tecnológico adequado para desenvolver as capacidades inovativas.

De acordo com as informações que foram levantadas junto aos fabricantes de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul, somente quatro possuíam departamentos de engenharia (de produto e de fabricação) formalmente institucionalizados no organograma da empresa. Duas dessas empresas tinham cerca de 20 pessoas envolvidas nessas atividades.<sup>55</sup> Nas outras duas, o número de engenheiros e técnicos lotados nesses departamentos era menor, em torno de 10 pessoas na época em que as entrevistas foram realizadas. Vale notar que estas são as quatro empresas mais importantes da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, tanto do ponto de vista do volume de produção quanto do tipo de máquinas fabricadas. Comparativamente às demais empresas selecionadas no estado, foram as que mais evoluíram tecnologicamente, tanto que todas fabricam algum tipo de máquina-ferramenta com comando numérico e, no que se refere ao processo de fabricação, utilizam centros de usinagem e adotaram alguma das técnicas organizacionais.

---

55 Deve-se notar que uma dessas empresas é subsidiária de uma empresa estrangeira que, somente após a venda da matriz na Europa em 1992, organizou uma equipe de engenharia de produto para o desenvolvimento local de algumas máquinas.

Nas demais quatro empresas consultadas no Rio Grande do Sul, observou-se que uma não possuía equipe formada para a execução de atividades de engenharia. Na época em que a entrevista foi realizada, as máquinas-ferramentas representavam uma pequena parcela do faturamento dessa empresa, a qual, inclusive, já havia iniciado um processo de desativação da divisão de máquinas e ingressado em uma nova linha de produtos. O número de pessoas envolvidas com as atividades de engenharia nas outras três empresas era bastante reduzido. A equipe era formada por um engenheiro e mais um ou dois desenhistas. Deve-se notar que, por serem empresas familiares, o proprietário geralmente integrava a equipe e era detentor de grande parcela do conhecimento.

Todas as quatro empresas que possuíam departamentos de engenharia adquiriram sistemas CAD para auxiliar nas atividades de projeto das máquinas. O Quadro 3.15 mostra o período em que esses sistemas foram comprados. Os sistemas eram formados por cerca de duas a quatro estações, e somente em uma dessas empresas havia um sistema interligado (CAD/CAM) com os equipamentos que realizam a usinagem das peças (tornos e mandriladoras com comando numérico e centros de usinagem). Trata-se da empresa que fornece serviços de usinagem para empresas de autopeças do estado e fabrica máquinas-ferramentas especiais, além de ter se especializado na reforma de máquinas convencionais antigas (*retrofitting*).

Quadro 3.15

Data de aquisição de sistemas CAD pelas empresas  
selecionadas no Rio Grande do Sul

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Entre 1985 e 1989	2
Entre 1990 e 1994	2
Não possuem	4
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>8</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Considerando-se as 10 empresas consultadas em São Paulo, somente uma não possuía equipe organizada para o desempenho das tarefas de engenharia. Essa empresa fabrica exclusivamente máquinas-ferramentas sob encomenda, com base em projetos detalhados que adquire no exterior, principalmente na Itália.<sup>56</sup>

Todas as demais empresas tinham departamentos de engenharia. Dentre as que mencionaram o número de pessoas lotadas nesses departamentos, destacam-se três com mais de 60 engenheiros e técnicos desempenhando atividades ligadas ao desenvolvimento de produtos e/ou ao aperfeiçoamento do processo produtivo. Entre estas, está incluída a única empresa que possui departamento de P&D separado, com cerca de 70 pessoas. O que se observou no departamento de P&D dessa empresa foi um esforço para absorver e introduzir adaptações sobre as tecnologias licenciadas e para o desenvolvimento de tornos com comando numérico derivados das

<sup>56</sup> Cabe notar que a firma em questão era subsidiária de uma empresa italiana e foi adquirida por um grupo nacional no final dos anos 80.

máquinas convencionais já fabricadas anteriormente pela empresa. Grande parte das adaptações na tecnologia licenciada que foi realizada inicialmente esteve associada à nacionalização do produto pois, a aquisição da tecnologia foi feita em 1986, enquanto vigorava a reserva de mercado. Algumas modificações na parte eletrônica das máquinas foram necessárias para adequar a máquina aos comandos numéricos fabricados no país, inclusive pela própria empresa. Por outro lado, a empresa também desenvolveu alguns produtos derivados dos modelos recebidos por intermédio do contrato de licenciamento, os quais apresentam certas características distintas daqueles que são fabricados pela empresa estrangeira.

As outras três empresas que fizeram referência ao número de pessoas envolvidas nas atividades de engenharia de produto e de fabricação têm equipes menores, uma com cerca de 20 engenheiros e técnicos, e as outras, com menos de 10.

O uso de sistemas CAD nas atividades de projeto intensificou-se a partir de 1990, como mostra o Quadro 3.16. Cinco empresas adquiriram esse sistema entre 1990 e 1994, enquanto duas o fizeram entre 1985 e 1989.

Quadro 3.16

Data de aquisição de sistemas CAD pelas  
empresas selecionadas em São Paulo

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Entre 1985 e 1989	2
Entre 1990 e 1994	5
Não possuem	2
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>9</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Aqui, cabe fazer uma diferenciação entre o papel que os departamentos de engenharia desempenham nas firmas que fabricam equipamentos sob encomenda e naquelas que produzem máquinas seriadas. Nas primeiras, a necessidade de manter um contato regular com o comprador na fase de elaboração do projeto da máquina, para que todas as especificidades do equipamento a ser fabricado atendam às exigências do futuro usuário, requer a manutenção de equipes com um número relativamente grande de engenheiros e técnicos que façam o desenvolvimento do produto ou, pelo menos, o desenho detalhado para a fabricação. No caso das subsidiárias de empresas estrangeiras (duas empresas localizadas em São Paulo), geralmente o projeto é realizado em conjunto com a matriz, e a equipe de engenharia faz a intermediação entre o comprador e a área especializada da matriz no exterior. Além disso, em certos casos, as máquinas encomendadas no Brasil não são mais fabricadas pela matriz, como, por exemplo, as linhas de

montagem semi-automatizadas que ainda são demandadas pela indústria automobilística brasileira.

No Rio Grande do Sul, a única empresa que fabrica máquinas sob encomenda é de capital nacional, de pequeno porte, e faz todo o desenvolvimento dos produtos a partir do conhecimento tecnológico que os técnicos e engenheiros já possuem, pois, como já mencionado anteriormente, não utilizaram nenhuma forma de transferência de tecnologia. Grande parte da experiência e das habilidades dos integrantes da equipe de desenvolvimento de produtos foi adquirida no período em que trabalhavam em outras empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do estado, principalmente na subsidiária de empresa estrangeira.

Entre os fabricantes de máquinas-ferramentas seriadas, observou-se que as funções desempenhadas pelos departamentos de engenharia diferem quando se examinam as empresas de capital nacional e as subsidiárias de empresas estrangeiras. Como estas últimas, normalmente, recebem os projetos dos equipamentos da matriz, as firmas direcionam seus esforços para a ampliação das capacidades em engenharia de fabricação, não fazendo localmente nenhum desenvolvimento de produto.<sup>57</sup>

Já nas empresas de propriedade de capital nacional, a maioria direciona grande parte dos esforços para as atividades de

---

57 Uma exceção é a subsidiária de empresa estrangeira localizada no Rio Grande do Sul que, com a venda da matriz na Europa, organizou uma equipe de engenharia de produto para fazer o desenvolvimento de alguns modelos de máquinas, como já foi mencionado anteriormente.

engenharia de fabricação. Considerando-se as informações fornecidas nas entrevistas, constatou-se que um número reduzido de empresas vem conseguindo desenvolver novos produtos. Geralmente, os departamentos de engenharia de produto têm como função introduzir pequenos melhoramentos nos produtos já fabricados.

#### 4- As condutas empresariais das empresas selecionadas

À guisa de introdução, deve-se sublinhar que as vantagens competitivas que as firmas dispõem em um determinado período - detectadas por meio de análise dos seus desempenhos de mercado - resultam da capacitação acumulada ao longo do tempo e das estratégias<sup>1</sup> adotadas em função do processo concorrencial e do ambiente econômico em que estão inseridas. Por seu turno, as estratégias seguidas pelas empresas são fortemente influenciadas pelo nível de capacidades tecnológicas existente em cada uma das firmas. Ou seja, na medida em que ocorre uma ampliação das habilidades e dos conhecimentos, aumentam as oportunidades tecnológicas das empresas, as quais lhes dão condições de planejar e de executar ações que não visem somente a ajustes defensivos, mas que objetivem também a ampliação das vantagens competitivas.

Diversos estudos têm mostrado que a indústria brasileira, desde o início dos anos 80, vem empreendendo um processo de reestruturação produtiva de natureza predominantemente defensiva, diante das mudanças freqüentes e abruptas das condições básicas de funcionamento da economia. Como mostram os resultados do

---

1 Neste estudo, utiliza-se o mesmo conceito de estratégia adotado na pesquisa **Competitividade e Inovação na Indústria Gaúcha**, realizado pela Fundação de Economia e Estatística, a saber: "(...) a estratégia empresarial compreende tanto o planejamento e as ações da firma quanto a escolha dos produtos e da tecnologia, a organização da produção, a forma de comercialização e marketing, organicamente integrados, objetivando uma vantagem em determinado mercado consumidor" (SCHERER, 1994, p.44).

**Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira**, a maior parte das empresas realizaram ajustes defensivos para a preservação das atividades rentáveis e a proteção patrimonial. Assim,

"(...) as empresas adotaram estratégias de aumento da eficiência e qualidade industrial que, embora comprovem a capacidade de resposta do empresariado nacional, não proporcionaram um salto qualitativo do ponto de vista da competitividade. Ao contrário da ampla renovação ou atualização do parque industrial, as empresas optaram pelo **enxugamento** da produção, com o abandono de linhas de produtos de maior nível tecnológico em favor de produtos mais padronizados. Este processo de *downgrading* da produção, oposto à tendência internacional, vem provocando um significativo descolamento da estrutura industrial nacional em relação aos segmentos mais dinâmicos na pauta de consumo dos países industrializados" (KUPFER, 1994, p.49-50).

Entretanto, quando se examina a conduta das empresas detecta-se que há uma grande diversidade de ações, cujo resultado foi o aumento das assimetrias existentes entre as diversas firmas, inclusive as de um mesmo setor de atividade. Como assinala Miranda (1994, p.7),

"(...) as expectativas dos diferentes agentes são heterogêneas diante de um mesmo contexto seja porque o comportamento das variáveis macroeconômicas e as opções

de política econômica os atingem diferenciadamente, seja porque as avaliações acerca dos desdobramentos futuros de um mesmo evento não são necessariamente convergentes. A previsão dos agentes depende tanto dos julgamentos por eles realizados sobre a ocorrência mais provável, quanto da confiança que tem em tal julgamento. Por exemplo, enquanto para alguns empresários a instabilidade e a elevada incerteza quanto ao futuro moldaram comportamentos defensivo-especulativos, para outros reforçaram opções de consolidação de atividades estratégicas que proporcionassem maior capacidade de reação a movimentos ruptivos."

No caso específico da indústria de máquinas-ferramentas, a despeito das condições macroeconômicas adversas, algumas empresas líderes - notadamente as empresas de capital nacional de maior porte e as subsidiárias de empresas estrangeiras - experimentaram um processo de aprendizado ao longo da década de 80, que lhes deu condições de incorporarem inovações de produto e de processo. Deve-se notar que, já na crise dos primeiros anos da década, as empresas que possuíam um certo nível de capacidades tecnológicas acumuladas e condições financeiras mais favoráveis encontraram na tecnologia de base microeletrônica uma alternativa à crise, assim como perspectivas de crescimento.<sup>2</sup> Como foi mencionado no

---

2 A esse respeito, ver Erber e Vermulm (1992, p.196-198).

capítulo anterior, verificou-se, nesses anos, um crescimento na produção de máquinas-ferramentas com comando numérico no país, as quais passaram a representar uma parcela crescente das vendas totais do setor. A adoção da tecnologia microeletrônica por algumas empresas contribuiu para o aumento da heterogeneidade tecnológica dentro da indústria, na medida em que nem todas as empresas tiveram condições de dar o salto tecnológico.

Por outro lado, principalmente as empresas de menor porte e de capital nacional, cujo estágio do processo de capacitação tecnológica era menos avançado, não apresentaram condições para modernizar seus processos produtivos e/ou iniciar a fabricação de máquinas com comando numérico nos primeiros anos da década de 80. Algumas o fizeram somente no final dessa década ou permaneceram na produção de equipamentos convencionais. De um modo geral, essas empresas são mais vulneráveis do ponto de vista financeiro e adotaram estratégias tipicamente defensivas, que visavam à implementação de modificações marginais na organização da firma ou no próprio processo produtivo, para se adaptarem minimamente a um ambiente de elevada incerteza que predominou ao longo dos anos 80.

A liberalização comercial adotada no país nos primeiros anos da década de 90 colocou uma nova agenda de problemas para as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas, quaisquer que tenham sido as trajetórias percorridas até então. As empresas precisaram adequar-se para enfrentar a concorrência dos produtos

importados no mercado local, pois a abertura comercial e a redução das tarifas alfandegárias permitiu a importação de máquinas similares às produzidas internamente, assim como reduziu o preço dos equipamentos importados. Isso ampliou a comercialização de máquinas estrangeiras no mercado interno, não somente das mais sofisticadas do ponto de vista tecnológico, mas também das convencionais, amplamente produzidas pela indústria local.

Como já mencionado no Capítulo 2, deve-se notar que a implementação da política de liberalização comercial no país coincidiu com uma profunda recessão no mercado interno. Entre 1990 e 1992, o produto industrial apresentou uma queda de 9%, e a produção de máquinas-ferramentas caiu, ao passo que as importações desses equipamentos continuaram aumentando.<sup>3</sup>

A conjugação da abertura do mercado com a forte redução do nível de atividades implicou, via de regra, uma redefinição nas condutas empresariais. As empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no país, que até então direcionavam suas ações para enfrentar a instabilidade do mercado local, precisaram modificar seu comportamento para, concomitantemente, fazer frente à maior concorrência de produtos importados. Assim, grande parte das empresas realizaram ajustamentos nos níveis de produção e no leque de produtos fabricados, corrigiram alguns entraves no

---

<sup>3</sup> A esse respeito, ver item 2.2.2 deste trabalho.

processo de produção que tinham fortes repercussões nos custos de fabricação, ampliaram as importações de partes e componentes e direcionou parcela de suas vendas totais para o mercado externo.

O presente capítulo tem por objetivo complementar a discussão iniciada no capítulo anterior a respeito da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul. No item 4.1, serão examinadas as principais estratégias adotadas pelas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte do Rio Grande do Sul selecionadas para este estudo. Essa análise restringir-se-á a algumas ações empresariais direcionadas às atividades de produção e aos mecanismos utilizados para o seu financiamento. Grande parte das ações planejadas e executadas pelas firmas, que objetivam a ampliação do conhecimento tecnológico, já foram objeto de estudo no Capítulo 3. Todavia deve-se ter presente que tais ações direcionadas para aumentar o estoque de capacidades tecnológicas existentes em cada firma se inter-relacionam com as demais atividades empresariais, notadamente com as referentes à produção mencionadas acima, uma vez que podem proporcionar novos horizontes para as atividades da empresa ao longo de sua trajetória de crescimento. Da mesma forma que no capítulo anterior, serão feitas algumas considerações referentes às empresas fabricantes de máquinas-ferramentas instaladas em São Paulo, com o objetivo de serem detectadas as similaridades e, sobretudo, as diferenças existentes entre os dois grupos de empresas selecionados.

Adicionalmente, no item 4.2, serão feitas algumas considerações referentes ao desempenho dessas empresas no período em foco, que deve ser entendido como o resultado das ações executadas pelas firmas para enfrentarem a perda de dinamismo macroeconômico e o contexto de grandes instabilidades dos últimos 15 anos no país<sup>4</sup>, bem como para se adequarem ao direcionamento técnico-produtivo do setor e às mudanças nos padrões de concorrência derivados de um novo cenário competitivo internacional<sup>5</sup>.

#### 4.1- Estratégias empresariais

No período em que as entrevistas foram realizadas, a profunda retração do mercado interno e a maior exposição à concorrência de produtos importados decorrente da política de liberalização comercial condicionavam as estratégias das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas selecionadas para este estudo.

O exame dessas estratégias deve levar em consideração o fato de que elas refletem dois movimentos: "(...) um de mais longo prazo, que espelha a natureza cumulativa da trajetória da

---

4 Diversos estudos trataram da situação macroeconômica do país nesse período. Uma análise resumida pode ser encontrada em Miranda (1994).

5 Ver Capítulos 1 e 2 deste trabalho.

empresa; outro de curto prazo, que é uma resposta mais imediata da empresa ao ambiente conjuntural" (ERBER e VERMULM, 1992, p.230). Em ambos os casos, a conduta das empresas é fortemente moldada pelas suas características referentes ao tamanho, à propriedade de capital, às condições financeiras e ao nível de conhecimento e habilidades tecnológicos. Via de regra, as empresas de capital nacional de maior porte e as subsidiárias de empresas estrangeiras, com condições financeiras mais favoráveis e que, ao longo dos anos 80, ampliaram suas capacidades tecnológicas, foram as que, nos primeiros anos da presente década, programavam suas ações tendo em vista um horizonte de tempo mais amplo. Conseqüentemente, essas empresas apresentavam, na época em que as entrevistas foram realizadas, melhores condições para enfrentar o impacto da conjugação da retração do mercado interno e da abertura do mercado.

Nas demais empresas, os fatores conjunturais predominavam na definição das ações empresariais. As decisões relacionadas a ajustes defensivos, para fazer frente à recessão e à abertura do mercado, prevaleciam sobre as de mais longo prazo, que poderiam ampliar as vantagens das empresas nos segmentos de mercado em que atuam ou, ainda, criar condições para o ingresso em outros segmentos tecnologicamente mais avançados. Deve-se notar que essas foram as empresas que menos avançaram do ponto de vista do processo de capacitação tecnológica, como já foi visto no capítulo anterior.

#### 4.1.1- Estratégias de produção

As estratégias de produção adotadas pelas empresas selecionadas serão examinadas no âmbito do processo de fabricação e do produto. Ao longo da análise que será realizada a seguir, deve-se ter presente que, ao nível das empresas, há uma forte interação entre o planejamento e as ações direcionadas a essas áreas, tornando-as, de certa forma, inseparáveis.<sup>6</sup>

#### Quadro 4.1

Ações das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul  
direcionadas para o processo produtivo

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Desverticalizar	4
Reduzir custo de estoque	3
Reduzir necessidade de mão-de-obra	1
Promover desgargalamentos produtivos	4
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>5</b>

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: Nas demais empresas entrevistadas, não há estratégia definida.

<sup>6</sup> Essa ressalva relacionada à interação existente entre as áreas do processo de fabricação e do produto já foi feita no Capítulo 3, quando foi analisada a capacitação tecnológica em produção das empresas selecionadas.

No que se refere às ações voltadas para o aprimoramento do processo produtivo, o eixo fundamental da estratégia das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul era a redução do nível de integração vertical da produção e dos custos e solucionar alguns entraves existentes ao longo do processo de fabricação.

Conforme mencionado nas entrevistas, três empresas instaladas no Rio Grande do Sul começaram a desverticalizar suas atividades já em meados dos anos 80, aumentando a compra de componentes e peças fabricados por terceiros. Uma outra firma se encontrava, na época em que as entrevistas foram realizadas, na fase inicial de um processo de redução do nível de verticalização da produção. Além destas, cabe ressaltar o caso de uma empresa que foi instalada no estado, na segunda metade dos anos 80, com um nível de integração vertical bastante reduzido, quando comparado com o das demais. Trata-se de uma empresa de pequeno porte e que, como já observado anteriormente, se destaca pela sofisticação tecnológica dos produtos fabricados.<sup>7</sup>

Deve-se notar que o processo de desverticalização da produção nas empresas mencionadas se ampliou com a abertura do mercado interno e o término da reserva de mercado para a área de informática, nos primeiros anos da presente década. As maiores facilidades para a importação de produtos estrangeiros daí

---

7 Essa empresa divide o seu faturamento entre a produção de máquinas sob encomenda, a usinagem de peças para terceiros e o *retrofitting* em máquinas convencionais.

decorrentes estimularam as empresas a adquirirem componentes no mercado externo, principalmente aquelas que atuam no segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico. De um modo geral, as máquinas-ferramentas de maior porte ou com um grau de complexidade tecnológica um pouco mais elevado, que são fabricadas por três das cinco empresas mencionadas acima, passaram a incorporar comandos numéricos importados.

Verificou-se, ainda, que o aumento da compra de componentes não significou novas formas de relacionamento com os fornecedores ou desenvolvimento de fornecedores locais. Via de regra, os fabricantes de máquinas-ferramentas mantêm contatos informais com os fornecedores, uma vez que a maioria dos componentes adquiridos de terceiros já se encontra disponível no mercado sob a forma normatizada. Somente em alguns casos excepcionais, a equipe de engenharia da empresa fabricante de máquinas fornece o desenho do componente ao fornecedor, que se encarregará de fazer o projeto detalhado para orientar a fabricação.

Com relação aos gargalos existentes no processo de fabricação, quatro empresas consultadas no Rio Grande do Sul vêm implementando ações para solucioná-los, notadamente a partir do final da década de 80. Tais ações direcionaram-se preferencialmente para a aquisição de algumas máquinas mais eficientes e que executam as tarefas com maior rapidez, como as máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem. Como já visto no capítulo anterior, a adoção de células de

fabricação e de novas técnicas organizacionais, que também poderiam aperfeiçoar o processo de produção, é ainda limitada a um número bastante reduzido de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul.

O Quadro 4.1 mostra que, com relação à redução dos custos, as ações estratégicas de três empresas consultadas no Rio Grande do Sul se dirigiram para o controle de estoques, sendo que uma utilizava mecanismos que viabilizassem a diminuição da mão-de-obra empregada.<sup>8</sup> Dentre estas, destacam-se duas que já se encontravam num estágio mais adiantado e que associaram o controle de estoques com a utilização de *just in time* em algumas etapas das atividades da empresa, como foi examinado no capítulo anterior.

Na sua maioria, as empresas consultadas no Rio Grande do Sul começaram a planejar e a implementar ações para o aprimoramento do processo de fabricação a partir da segunda metade dos anos 80, mas com maior rapidez quando se acentuou a retração do mercado interno no final dessa década. Deve-se ressaltar que essas cinco empresas gaúchas que procuraram se adequar às condições de um novo período recessivo foram as mesmas que declararam adotar alguma ação estratégica relacionada aos produtos fabricados.

---

8 Conforme a declaração de um dos entrevistados, "(...) o básico é custo. Deve-se buscar o equipamento que possa ser fabricado ao menor custo e que atenda às necessidades do cliente. Este é o grande desafio da engenharia de desenvolvimento".

Com relação à estratégia de produto, foram mencionadas nas entrevistas quatro ações: o aumento do conteúdo e da sofisticação tecnológica, o atendimento às especificidades dos clientes, a maior eficiência na assistência técnica e o baixo preço. Entre estas, como mostra o Quadro 4.2, a primeira vem sendo implementada por quatro das empresas consultadas no Rio Grande do Sul, e as duas seguintes por três empresas. Apenas uma firma adotava mecanismos que visavam reduzir o preço dos equipamentos fabricados.

Quadro 4.2

Ações das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul  
direcionadas para os produtos fabricados

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Aumento do conteúdo/sofisticação tecnológica	4
Atender às especificações dos clientes	3
Maior eficiência na assistência técnica	3
Baixo preço	1
TOTAL DE EMPRESAS	5

FONTE: Pesquisa de campo

NOTA: Nas demais empresas entrevistadas, não há estratégia definida

Nesta última empresa, o mecanismo básico adotado para diminuir o preço dos equipamentos fabricados foi a introdução de

um sistema de fabricação de máquinas modulares. A empresa fabrica, atualmente, duas famílias de máquinas (madriladoras e centros de usinagem; centros de usinagem e fresadoras), mediante o uso de somente duas tecnologias distintas. Em cada uma das famílias é produzida uma parte comum a mais de um modelo de máquina. Isso permitiu uma significativa redução nos custos de fabricação e maior eficiência nas atividades de engenharia.

De um modo geral, detectou-se que grande parte das ações direcionadas aos produtos fabricados, adotadas pelas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas no Rio Grande do Sul, ocorreu somente a partir do início do processo de liberalização comercial, nos primeiros anos da década de 90.<sup>9</sup> Pode-se dizer, inclusive, que essas empresas modificaram seu comportamento com relação a essa área, ampliando os esforços para fazer frente à concorrência dos produtos importados.

A despeito do aumento do conteúdo/sofisticação tecnológica ter sido mencionado por quatro empresas como um dos eixos de sua estratégia de produto, percebeu-se que, dadas as características das empresas instaladas no Rio Grande do Sul e dos produtos fabricados, a maior parcela de seus esforços vem se direcionando para aperfeiçoar a assistência técnica e para melhor atender às

---

<sup>9</sup> Embora uma empresa tenha mencionado que, já em 1988, vislumbrava a possibilidade da abertura do mercado no Brasil, iniciando um processo de reestruturação de suas atividades.

especificidades dos usuários.<sup>10</sup> Como já mencionado no capítulo anterior, o departamento de vendas da empresa, por intermédio de seu contato direto com os clientes, desempenha um papel fundamental nesse processo, dadas as condições que possui para perceber as necessidades dos clientes e acompanhar de perto a escolha da máquina a ser por eles adquirida. Ademais, as empresas enfatizaram que formas eficientes de assistência técnica podem, inclusive, ser um dos aspectos fundamentais para fazer frente à concorrência das máquinas importadas.

De acordo com as informações que foram levantadas, uma das principais mudanças no comportamento das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul foi a adoção da estratégia de redirecionar a produção para os mercados externo e interno. Das oito empresas consultadas, quatro haviam aumentado suas vendas no mercado externo entre 1988 e 1993, e uma programava o início das exportações para o ano em que foi realizada a entrevista.

---

10 Conforme já examinado no capítulo anterior, entre os mecanismos utilizados pelas firmas para a ampliação dos conhecimentos relacionados aos produtos fabricados destacam-se o licenciamento de tecnologia e as atividades de P&D. No Rio Grande do Sul, nenhuma empresa fez acordos de transferência de tecnologia com empresas estrangeiras, assim como também não possuíam equipes institucionalizadas para a realização de atividades de P&D. Os esforços das empresas direcionavam-se para as atividades de engenharia, notadamente para as de engenharia de fabricação. Um número bastante reduzido de firmas vem conseguindo desenvolver novos produtos; geralmente os departamentos de engenharia de produto têm como função introduzir pequenos melhoramentos nos produtos já fabricados.

## Quadro 4.3

Participação percentual das vendas externas nas vendas totais das empresas selecionadas no Rio Grande do Sul – 1988 e 1993

EMPRESAS	1988	1993
Empresa 1	0	20
Empresa 2	0	0
Empresa 3	15	40
Empresa 4	(1)...	40
Empresa 5	0	15
Empresa 6	0	0
Empresa 7	0	0
Empresa 8	0	0

FONTE: Pesquisa de campo

(1) A Empresa 4 não forneceu a participação das vendas externas nas vendas totais da empresa no ano de 1988.

Conforme as informações obtidas nas entrevistas, os países de destino das vendas de máquinas-ferramentas fabricadas no Rio Grande do Sul são notadamente os da América Latina (principalmente Argentina, para o caso das máquinas-ferramentas por eletroerosão), Estados Unidos (máquinas convencionais) e Europa, principalmente França e Alemanha, para onde são vendidas algumas máquinas convencionais e com comando numérico e centros de usinagem. De um modo geral, as empresas consultadas demonstraram pouco interesse no Mercosul. De um lado, porque o mercado dos países do Mercosul se encontrava tão limitado quanto o mercado brasileiro (exceção feita à Argentina, para alguns tipos de máquinas). De outro, porque a concorrência das máquinas oriundas desses países não significava uma ameaça para o setor.

O Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira identificou que cerca de 10% das empresas que responderam aos questionários enviados procuravam se direcionar apenas para o mercado externo (CRUZ, 1993, p. 43). No Rio Grande do Sul, não há registro de empresas que direcionem suas vendas somente para o mercado externo. As que se inseriram nesse mercado não o fizeram marginalizando o mercado interno, este continua sendo o espaço mais importante de atuação da firma.

Deve-se salientar que as três empresas que vendiam entre 20% e 40% de sua produção para o exterior em 1993 eram as que mais avançaram no Rio Grande do Sul do ponto de vista do processo de capacitação tecnológica e que, ao mesmo tempo, possuíam estratégias de produção melhor definidas. A outra empresa, que direcionava cerca de 15% de suas vendas para o mercado externo, além de fabricar somente máquinas convencionais simples e de pequeno porte, pouco ampliou seus conhecimentos tecnológicos. As três empresas anteriormente mencionadas podem ser consideradas como as principais empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte do Rio Grande do Sul. A estas, deve-se adicionar a única fabricante de máquinas sob encomenda no estado, que, apesar de ainda não direcionar parcela de sua produção para o mercado externo, vem obtendo sucesso com seus esforços para ampliação de sua capacidade tecnológica, assim como com as estratégias adotadas. Embora seja uma empresa muito nova (instalada na segunda metade dos anos 80), fabrica somente máquinas com comando numérico que são adquiridas pelas firmas do setor automobilístico

e de autopeças. Pode-se inferir que, por ser ainda uma empresa de pequeno porte, não possua um nível de produção suficiente e uma infra-estrutura de comercialização necessária para permitir seu ingresso no mercado internacional.

Examinando-se as informações fornecidas nas entrevistas com as empresas selecionadas em São Paulo, verifica-se que, da mesma forma que nas empresas do Rio Grande do Sul, uma das principais ações realizadas para o aprimoramento do processo de fabricação tem se direcionado para solucionar alguns entraves no processo de produção. Como mostra o Quadro 4.4, considerando-se as 10 empresas consultadas, oito mencionaram que promover desgargamentos produtivos estava entre suas principais ações estratégicas.

Quadro 4.4

Ações das empresas selecionadas em São Paulo  
direcionadas para o processo produtivo

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Desverticalizar	4
Reduzir custo de estoque	2
Reduzir necessidade de mão-de-obra	2
Promover desgargamentos produtivos	8
TOTAL DE EMPRESAS	9

FONTE: Pesquisa de campo

De forma similar à verificada no Rio Grande do Sul, os esforços das firmas, via de regra, estavam voltados para a incorporação de máquinas com comando numérico no processo de fabricação, de forma a solucionar alguns entraves produtivos e a tornar o processo mais eficiente. O fato de que grande parte das máquinas fabricadas pelas empresas se adapta ao seu processo de fabricação possibilita a introdução de novos equipamentos nas linhas de produção de forma mais rápida do que em outros setores industriais. No entanto, como já foi visto no capítulo anterior, a incorporação de máquinas com comando numérico não foi acompanhada pela introdução de novas técnicas organizacionais, que poderiam, em alguns casos, contribuir para o aperfeiçoamento do processo de fabricação das empresas.

De um modo geral, as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas localizadas em São Paulo são bastante verticalizadas. Se se considera o fato de a empresa possuir a sua própria fundição como um dos indicadores da elevada verticalização da produção, pode-se inferir que, em São Paulo, as empresas possuem um nível de integração vertical mais elevado do que no Rio Grande do Sul, pois das 10 empresas consultadas no primeiro estado, pelo menos cinco possuem fundição, ao passo que, no Rio Grande do Sul, considerando-se as oito empresas entrevistadas, somente uma fabrica as peças fundidas necessárias ao seu processo de fabricação.

No entanto quatro firmas localizadas em São Paulo mencionaram que já vêm empreendendo um processo de desverticalização da produção desde meados dos anos 80. Esse aumento na compra de peças e componentes de terceiros tendeu a se acentuar nos primeiros anos da presente década, com a abertura do mercado. Como já ressaltado para o caso das empresas localizadas no Rio Grande do Sul, todos os fabricantes de máquinas-ferramentas de maior porte e complexidade tecnológica passaram a adquirir os comandos numéricos no exterior, a partir dessa data. Ademais, outras partes, peças e componentes - como por exemplo, componentes mecânicos de maior precisão e algumas engrenagens - passaram também a ser comprados no mercado externo. Em decorrência, constata-se que diminuiu o índice de nacionalização dos produtos fabricados pelas empresas instaladas no país.<sup>11</sup>

No que se refere às ações direcionadas à redução dos custos, observou-se que a ênfase na diminuição dos custos de estoque e da necessidade de mão-de-obra era dada por um número bastante reduzido das empresas localizadas em São Paulo. Diferentemente das empresas gaúchas, a redução dos custos de estoque não estava vinculada à utilização de *just in time* em nenhuma das duas empresas que mencionaram esse objetivo. A redução dos custos de estoque foi atingida mediante a utilização de um planejamento das

---

11 Conforme mencionado pelo representante de uma das empresas consultadas em São Paulo, o índice de nacionalização das máquinas-ferramentas fabricadas passou de cerca de 95% para 85% na época em que a entrevista foi realizada.

compras de peças e dos componentes necessários para um período mais curto de fabricação.

Com relação às ações das empresas selecionadas em São Paulo relacionadas ao âmbito dos produtos fabricados, destacam-se aquelas voltadas a atender às especificidades dos usuários e a aumentar o conteúdo e a sofisticação tecnológica das máquinas produzidas. Um número menor de empresas mencionou os esforços para uma melhor assistência técnica e para a redução do preço.

Quadro 4.5

Ações das empresas selecionadas em São Paulo  
direcionadas para os produtos fabricados

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS
Aumento do conteúdo/sofisticação tecnológica	7
Atender às especificações dos clientes	6
Maior eficiência na assistência técnica	3
Baixo preço	2
<b>TOTAL DE EMPRESAS</b>	<b>10</b>

FONTE: Pesquisa de campo

Como mostra o Quadro 4.5, as ações de mais da metade das empresas consultadas em São Paulo visavam ao aperfeiçoamento dos

produtos fabricados do ponto de vista tecnológico. Como já visto no capítulo anterior, em duas empresas<sup>12</sup>, parte desse esforço decorreu de acordos de licenciamento de tecnologia firmados com firmas estrangeiras. Uma outra empresa, a despeito de não ter incorporado tecnologia estrangeira, vem tentando aperfeiçoar as máquinas produzidas a partir de desenvolvimento próprio. As demais quatro são empresas estrangeiras (duas fabricantes de máquinas seriadas e duas de máquinas especiais), que, devido ao relacionamento mantido com suas matrizes européias, têm acompanhado a atualização tecnológica que se verifica nos países desenvolvidos. Deve-se notar que isso é uma característica dos últimos anos, decorrente, principalmente, do processo de abertura do mercado interno. Para fazer frente à concorrência de máquinas importadas, essas empresas vêm tentando incorporar nos equipamentos fabricados algumas das inovações da linha de produtos das matrizes.

Cabe notar que, diferentemente das empresas localizadas no Rio Grande do Sul, a maioria das firmas fabricantes de máquinas-ferramentas em São Paulo possuía equipe organizada para o desempenho das tarefas de engenharia (produto e processo). Como a presença de pessoas dedicadas às atividades de engenharia de produto é um dos requisitos fundamentais para que a empresa crie

---

12 Constatou-se que três empresas fizeram acordo de licenciamento de tecnologia a partir de meados dos anos 80. No entanto, na época das entrevistas, somente duas mantinham essa forma de transferência de tecnologia.

condições internas para o aperfeiçoamento tecnológico dos produtos fabricados e para o lançamento de novos, pode-se inferir que as empresas de São Paulo atribuem uma maior importância a essa área do que as localizadas no Rio Grande do Sul. Provavelmente essa diferença existente entre as firmas localizadas em São Paulo e no Rio Grande do Sul decorre, em grande medida, das próprias características das empresas. Como já visto anteriormente, em São Paulo, ocorre a maior concentração de subsidiárias de empresas estrangeiras, e as firmas, via de regra, são de tamanho maior do que as instaladas no Rio Grande do Sul, assim como foram as primeiras a iniciar a fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico.

Da mesma forma que nas empresas instaladas no Rio Grande do Sul, uma das principais mudanças no comportamento das empresas selecionadas em São Paulo foi a adoção da estratégia de redirecionar a produção para os mercados externo e interno. Nas entrevistas realizadas nessas empresas, detectou-se que, com exceção de duas firmas fabricantes de máquinas especiais que direcionavam sua produção exclusivamente para o mercado interno e de uma que manteve as vendas externas num nível bastante reduzido, as demais ampliaram sua inserção no mercado externo entre 1988 e 1993.

Como pode-se visualizar no Quadro 4.6, destacam-se cinco empresas que direcionavam cerca de 20% a 40% de suas vendas para o mercado externo em 1993. Entre estas, somente uma é fabricante

de máquinas especiais. Nesse caso, uma parcela das vendas externas da empresa corresponde a encomendas que foram feitas à matriz, que as repassou para a filial brasileira. Conforme informações fornecidas pela empresa, a maioria dessas encomendas era de máquinas mais simples do ponto de vista tecnológico, as quais a matriz alemã não apresentava condições de atender devido ao acúmulo de pedidos existente no período.

Quadro 4.6

Participação percentual das vendas externas no faturamento das empresas selecionadas em São Paulo – 1988 e 1993

EMPRESAS	1988	1993
Empresa 1	0	20
Empresa 2	10	20
Empresa 3	10	25
Empresa 4	20	25
Empresa 5	0	40
Empresa 6	0	0
Empresa 7	0	5
Empresa 8	menos de 3	menos de 3
Empresa 9	0	7
Empresa 10	0	0

FONTE: Pesquisa de campo

Assim como no Rio Grande do Sul, as empresas que se inseriram no mercado externo não o fizeram marginalizando o mercado interno. Este continua sendo o mercado preferencial, inclusive das subsidiárias de empresas estrangeiras. No entanto, o que se observou foi que, uma vez conquistada uma posição no

mercado externo, as empresas tentam mantê-lo. Todas as empresas foram unânimes em afirmar que a conquista de espaços no mercado internacional é muito difícil, exigindo, por parte das empresas, uma série de adequações, inclusive ao nível dos produtos. Ademais, requer a manutenção de uma infra-estrutura de comercialização dedicada a atender às operações da empresa nesse mercado. Assim, mesmo que ocorra uma retomada do crescimento interno, as empresas pretendem manter suas vendas externas de forma a não perder os espaços já conquistados.

Como já visto no Capítulo 2, houve um redirecionamento das vendas externas das empresas da América Latina para outros países, principalmente Estados Unidos. Para os países da América Latina, direcionavam-se as máquinas especiais e alguns equipamentos com comando numérico. Já para os Estados Unidos, as empresas localizadas em São Paulo vendiam máquinas convencionais e/ou equipamentos simples com comando numérico, ao passo que, para a Europa, a maioria das máquinas vendidas era equipada com comando numérico.

#### **4.1.2- Estratégias de financiamento**

O exame das estratégias de financiamento adotadas pelas empresas selecionadas será feito neste item, considerando-se a distinção que existe entre financiamento às vendas, ao capital fixo e ao desenvolvimento tecnológico.

Como já examinado no Capítulo 2, desde os anos 70, o financiamento às vendas foi a forma de atuação básica da política industrial no setor de máquinas-ferramentas do país, por intermédio da Agência Especial de Financiamento Industrial. Tendo em vista que a maior parte dos produtos fabricados por essa indústria são vendidos a um preço elevado a todas as empresas que fazem parte do complexo metal-mecânico, devido às próprias características dos produtos, todos os países mantêm linhas de financiamento direcionadas para atender às necessidades dos compradores. Cabe lembrar que inclusive as empresas do setor se beneficiam desses mecanismos de financiamento, pois são também usuárias das máquinas que produzem.

Todas as empresas selecionadas no Rio Grande do Sul são cadastradas na FINAME, o que possibilita o uso dos recursos dessa instituição por parte dos clientes de empresas nacionais. Somente uma empresa esclareceu que as firmas que adquirem seus produtos raramente o fazem mediante a utilização de financiamento, devido ao baixo valor das máquinas fabricadas.<sup>13</sup> No entanto o fato de somente quatro empresas fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul constarem da **Relação dos Equipamentos e Empresas Fabricantes Financiados em 1992** pelos Programas Especial e Automático da FINAME indica que uma parcela da produção gaúcha

---

13 Essa empresa fabrica máquinas de jateamento, cujo valor médio era de US\$ 1.200 na época em que as entrevistas foram realizadas.

é constituída de máquinas simples e de baixo valor, não necessitando, portanto, de financiamento às vendas.<sup>14</sup>

No que se refere às vendas externas, a despeito de a linha especial de crédito para exportações de bens de capital - FINAMEX - ter entrado em operação no início de 1991, apenas os compradores estrangeiros de máquinas fabricadas por uma empresa localizada no Rio Grande do Sul utilizaram essa forma de financiamento. Deve-se notar que, em sua maioria, tais compradores são empresas localizadas em países da América Latina, região considerada prioritária pela Agência Especial de Financiamento Industrial para o direcionamento dos créditos da FINAMEX.<sup>15</sup>

Quanto ao financiamento ao capital fixo, entre 1986 e 1993 uma empresa consultada no Rio Grande do Sul<sup>16</sup> utilizou recursos próprios como fonte de financiamento, ao passo que quatro adquiriram algumas máquinas mediante o uso das linhas de crédito da FINAME. Como já enfatizado em outras partes deste trabalho, via de regra esses investimentos em capital fixo objetivaram a

---

14 A maioria dos compradores de máquinas-ferramentas especiais fabricadas pela única empresa do Rio Grande do Sul que produz sob encomenda é formada por empresas estrangeiras que não têm acesso às linhas de crédito da FINAME.

15 Em 1993/94, a FINAMEX lançou uma linha de crédito específica para países da América Latina, com taxas de juros competitivas internacionalmente e maior flexibilização na exigência de garantias decorrente do convênio de garantias de crédito firmado entre os Bancos Centrais da região. Ver item 2.2.3 deste trabalho.

16 Trata-se da única subsidiária de empresa estrangeira instalada no estado.

modernização das instalações. Na época em que as entrevistas foram realizadas, dadas as condições do mercado interno, nenhuma das empresas consultadas possuía uma estratégia para a ampliação das plantas existentes.

No Rio Grande do Sul, apenas uma empresa mencionou que utilizou recursos da FINEP e de um banco estrangeiro para financiar o desenvolvimento tecnológico da empresa em 1989 e 1990. Trata-se da empresa fabricante de máquinas de usinagem por eletroerosão, que, ao longo do período analisado nessa pesquisa, empreendeu vários esforços para o aperfeiçoamento de capacidades tecnológicas tanto no âmbito do processo de produção quanto no dos produtos fabricados.

No que se refere ao financiamento às vendas e ao capital fixo, não se detectou nenhuma diferença entre as empresas consultadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo. As linhas de crédito da FINAME são utilizadas para financiar as vendas internas das máquinas fabricadas por todas as empresas consultadas em São Paulo, ao passo que foram poucos os compradores estrangeiros que adquiriram máquinas mediante o uso da linha de crédito especial para a exportação de bens de capital (FINAMEX). A maioria dos representantes das empresas consultadas em São Paulo afirmou que existem outros financiamentos mais atrativos no mercado internacional do que o oferecido pela FINAMEX. Assim como no Rio Grande do Sul, as subsidiárias de empresas estrangeiras localizadas em São Paulo realizaram alguns

investimentos, a maioria para modernização das atividades produtivas, com recursos próprios. Dentre as empresas de capital nacional, quatro adquiriram algumas máquinas com comando numérico utilizando a linha de crédito da FINAME.

Em 1991, a principal empresa de capital nacional instalada em São Paulo tomou recursos junto ao BNDES para o financiamento do desenvolvimento de novos produtos.<sup>17</sup> Tais recursos foram destinados a cobrir os gastos com a mão-de-obra envolvida nas atividades de engenharia, viagens ao exterior para aperfeiçoamento dos técnicos, desenvolvimento de ferramental e de modelos de fundidos, assim como fabricação dos protótipos. Nenhuma das demais empresas selecionadas nesse estado utilizou algum mecanismo para financiar as atividades de desenvolvimento tecnológico.

O estudo de Erber e Vermulm (1992) identificou três estratégias empresariais dominantes entre os fabricantes de máquinas-ferramentas no Brasil.<sup>18</sup> A primeira, chamada de estratégia de liderança, tem sido adotada pela empresa cujo

"(...) objetivo é ser líder do segmento do mercado em que atua e, dada a cumulatividade da trajetória, tende a se manter como tal. Para tanto, a estratégia tecnológica é importante como parte da estratégia

---

17 Esse programa de financiamento envolveu cerca de US\$ 10 milhões.

18 A esse respeito, ver também Vermulm (1994).

global, levando a empresa a ser a pioneira em termos tecnológicos. (...) De uma forma geral, empresas que têm estratégia de liderança tendem a se guiar pela evolução do setor a nível mundial. O seu nível de informação técnica e a sua capacitação lhes conferem condições favoráveis para serem mais agressivas em termos tecnológicos, sem, entretanto, desconsiderar o nível técnico exigido pela sua demanda" (ERBER e VERMLUM, 1992, p.231).

A segunda estratégia identificada pelo estudo, chamada de estratégia caudatária, foi adotada pelas empresas

" (...) que tentam recuperar o seu atraso relativo às empresas líderes. (...) O atraso relativo das empresas que adotam estratégia caudatária é decorrente de uma série de fatores internos à empresa que não viabilizam a realização de grandes inovações de produto e de processo no mesmo momento em que essas inovações são realizadas pelas empresas líderes. Nesse sentido, elas entram na onda de inovações tardiamente, seguindo a trajetória traçada pelas empresas líderes. (...) A estratégia caudatária é muito mais sensível às determinações do mercado do que às da base técnica do setor. Assim, ela é muito mais vulnerável ao ambiente macroeconômico do que no caso da estratégia de liderança, que está mais diretamente determinada pela

evolução técnica e econômica do setor a nível mundial"  
(ERBER e VERLMUM, 1992, p.236).

A estratégia de sobrevivência passiva, o terceiro tipo de estratégia empresarial apontado no estudo citado,

"(...) é aquela em que se concede pouca relevância à tecnologia e o comportamento da empresa está diretamente determinado pela evolução do mercado. Na crise, essas empresas promovem ajustes defensivos cortando pessoal e investimentos e regridem em termos tecnológicos, ficando, assim, mais defasadas em relação às demais. (...) Na estratégia de sobrevivência passiva quase que não se promove inovações de produto e menos ainda de processo, incluindo aquelas inovações gerenciais que demandam pouco capital e têm significativo impacto sobre a produtividade" (ERBER e VERLMUM, 1992, p.240).

Considerando essa tipologia, observou-se que nenhuma das empresas consultadas no Rio Grande do Sul persegue uma estratégia de liderança<sup>19</sup>, ao passo que as quatro empresas<sup>20</sup> apresentadas neste estudo como as mais importantes do Rio Grande do Sul se

---

19 Deve-se notar, no entanto, que algumas ações planejadas e executadas pela empresa fabricante de máquinas de usinagem por eletroerosão no Rio Grande do Sul poderiam ser classificadas como uma estratégia de liderança.

20 São as Empresas 1, 2, 3 e 4 que aparecem em alguns dos quadros apresentados neste capítulo e no anterior.

identificam com a estratégia caudatária, e, as demais, com a estratégia de sobrevivência passiva.

O grupo de empresas que adota a estratégia caudatária segue a trajetória traçada pelas empresas líderes localizadas em São Paulo, e introduziu as novas tecnologias de base microeletrônica somente a partir de meados da década de 80. *Grosso modo*, pode-se dizer que essas empresas tiveram sucesso. A busca pelo aperfeiçoamento dos produtos fabricados e para se adequarem às necessidades dos usuários, juntamente com as ações direcionadas para reduzir o nível de verticalização da produção e para solucionar alguns entraves no processo de fabricação possibilitaram a essas empresas inclusive direcionar parcela de sua produção para o exterior. A única empresa desse grupo que não se voltou para o mercado externo é relativamente nova, cujas condições internas a impedem de ingressar nesse mercado.

As demais empresas consultadas no Rio Grande do Sul identificadas com a estratégia de sobrevivência passiva fabricam exclusivamente máquinas convencionais. Não incorporaram inovações de produto e de processo, e são as empresas que menos avançaram no processo de capacitação tecnológica. As que conseguiram suportar a segunda crise de retração do mercado interno na década de 80 realizaram alguns ajustes no processo de fabricação, através da redução dos custos de fabricação principalmente aqueles vinculados à mão-de-obra empregada. Essas empresas não atuam no mercado externo.

Para finalizar este item, cabe notar que as informações coletadas junto às empresas selecionadas evidenciam que o ajuste realizado pelos fabricantes de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul se centrou, fundamentalmente, na racionalização do processo produtivo e na redução do nível de integração vertical da produção. Em São Paulo, esse processo foi mais intenso, e algumas empresas implementaram concomitantemente ações direcionadas para o aperfeiçoamento tecnológico dos produtos. Entretanto, embora os ajustes empreendidos tenham aumentado a eficiência e a qualidade dos produtos e dos processos de fabricação das empresas, eles não ensejaram uma atualização e uma renovação significativa do ponto de vista da competitividade, considerando-se os avanços apresentados pelos principais produtores mundiais. Ademais, pode-se inferir que a reestruturação das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas aumentou a heterogeneidade tecnológica do setor, pois foi distinta a intensidade dos ajustes realizados pelas empresas.

#### 4.2- Desempenho

A análise referente ao desempenho da indústria de máquinas-ferramentas no país realizada no Capítulo 2 apontou que a forte instabilidade experimentada pelo setor, a partir de 1980, refletiu o movimento da economia brasileira como um todo, sobretudo do complexo metal-mecânico, tendo em vista que a

produção do setor estava basicamente voltada para atender ao mercado interno. Assim, a contração das atividades industriais nos três primeiros anos da década de 80 atingiu sobremaneira a indústria de máquinas-ferramentas, quando a produção e o emprego decresceram cerca de 50%. A partir de 1984, verificou-se uma retomada no ritmo de atividade, que possibilitou a recuperação da produção em 1987/88 num nível ligeiramente superior ao de 1980. A partir de então, o setor ingressou novamente numa crise de retração do mercado, resultando numa redução acentuada da produção e do emprego até 1992<sup>21</sup>. Em 1993/94, houve uma reversão no desempenho da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, quando a produção novamente passou a experimentar taxas positivas de crescimento, recuperando um nível superior ao de 1990, entretanto abaixo do verificado em 1980.

No que se refere ao desempenho, as entrevistas realizadas junto às empresas selecionadas tiveram como objetivo captar o movimento das variáveis mais importantes que cobrissem o período 1985/93, de forma a possibilitar o exame dos resultados logrados pelas empresas em termos de eficiência e desempenho produtivos no período em questão.

De um modo geral, o desempenho das empresas consultadas no Rio Grande do Sul acompanhou o movimento experimentado pela indústria de máquinas-ferramentas do país, apresentando uma

---

<sup>21</sup> Em 1992, a produção da indústria brasileira de máquinas-ferramentas estava abaixo do nível verificado em 1980.

recuperação no nível de atividades entre 1985 e 1988, seguida de uma desaceleração até os primeiros anos da década seguinte.

Entretanto detectou-se que, mesmo acompanhando os movimentos de recuperação e de desaceleração no nível de atividades verificados para o conjunto da indústria de máquinas-ferramentas do país, a intensidade desses movimentos foi distinto entre as empresas selecionadas no Rio Grande do Sul. Com base nessa constatação, foi possível distinguir dois grupos de empresas. O primeiro grupo é constituído pelas quatro empresas mais importantes do setor no estado,<sup>22</sup> e o segundo é formado pelas demais empresas consultadas,<sup>23</sup> que, ao longo do período analisado neste estudo, geralmente apresentaram resultados menos favoráveis do que os verificados nas firmas que formam o grupo anterior.

Além de desempenhos semelhantes, as empresas que integram cada grupo possuem alguns aspectos similares relacionados ao tamanho, ao tipo de produtos fabricados, ao processo de capacitação tecnológica e ao planejamento e às ações empreendidas por cada firma. Tais aspectos já foram examinados ao longo do capítulo anterior e no primeiro item deste capítulo, no entanto cabe mencioná-los de forma sintética, para tornar possível uma caracterização dos dois agrupamentos de empresas.

---

22 Este grupo é formado pelas Empresas 1, 2, 3 e 4.

23 Esse grupo é formado pelas Empresas 5, 6, 7 e 8.

Em relação ao primeiro grupo mencionado acima, cumpre observar que:

- a) considerando o número de pessoas empregadas, o tamanho médio das quatro empresas desse grupo é maior do que o das demais empresas consultadas no estado. Apenas uma possuía menos de 100 empregados;
- b) todas as quatro empresas do grupo produzem máquinas-ferramentas com comando numérico, das quais uma fabrica exclusivamente máquinas sob encomenda. Uma dessas empresas iniciou a fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico nos primeiros anos da década de 80, e as demais, entre 1984 e 1986;
- c) todas as empresas desse grupo ampliaram as capacidades tecnológicas no âmbito do processo de fabricação. Dentre os mecanismos adotados pelas firmas para aumentar seu nível de habilidades e conhecimentos, destacam-se a utilização de máquinas com comando numérico no processo de produção (quatro empresas); a adoção de células flexíveis de fabricação (duas empresas); a utilização de técnicas de gerenciamento dos fluxos de materiais (duas empresas); o controle de qualidade em todas as etapas do processo de fabricação (três empresas) e apenas em algumas etapas (uma empresa);
- d) com relação aos produtos, algumas empresas desenvolveram modelos próprios de máquinas com comando numérico, geralmente adaptações nas máquinas convencionais fabricadas, além de dominarem a tecnologia das máquinas

convencionais a partir de um aprendizado do tipo *learning by doing*. De um modo geral, poucos foram os mecanismos utilizados pelas empresas desse grupo para a ampliação dos conhecimentos relacionados aos produtos fabricados. É nessa área que reside uma das maiores diferenças encontradas neste estudo quando se comparam as empresas instaladas no Rio Grande do Sul e as em São Paulo;

- e) todas as empresas do grupo possuíam departamentos de engenharia formalmente institucionalizados no organograma da empresa, nos quais eram utilizados sistemas CAD para auxiliar nas atividades de projeto das máquinas. Deve-se notar que as empresas direcionavam grande parte dos esforços para as atividades de engenharia de fabricação. Geralmente, os departamentos de engenharia de produto tinham como função introduzir pequenos melhoramentos nos produtos já fabricados;
- f) o eixo da estratégia empresarial das quatro firmas do grupo constituiu-se na redução do nível de integração vertical da produção e na solução de alguns entraves existentes ao longo do processo de fabricação. Adicionalmente, as empresas procuraram aprimorar os produtos fabricados, mas com uma intensidade menor do que as ações direcionadas ao processo de fabricação.

Em suma, pode-se dizer que as empresas que foram incluídas nesse grupo ampliaram as capacidades tecnológicas nas áreas examinadas neste estudo e implementaram algumas ações que lhes

permitiu manter ou ampliar as vantagens nos segmentos de mercado em que atuam e, ainda, criar condições para o ingresso em outros segmentos tecnologicamente mais avançados, como o das máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem. Conseqüentemente, todas essas quatro empresas apresentaram resultados bastante favoráveis até 1989<sup>24</sup> e, em relação às demais empresas consultadas, tiveram melhores condições de enfrentar a crise iniciada em finais dos anos 80. No entanto cabe assinalar que a conduta adotada pelas empresas não significou uma transformação radical das estratégias em busca de maior competitividade. Via de regra, as estratégias perseguidas pelas empresas podem ser consideradas como defensivas e bastante vulneráveis ao ambiente macroeconômico.<sup>25</sup>

A maior inserção no comércio internacional por parte dessas empresas pode ser considerada como um dos indicativos do relativo avanço que essas firmas lograram no período de retração do mercado interno. Com exceção de uma empresa, as demais que compõem esse grupo ampliaram as vendas externas a partir de 1988, o que, de certa forma, lhes permitiu contrabalançar a retração do mercado interno.

Todavia os problemas enfrentados pelas empresas a partir da abertura comercial mostraram que a reestruturação ocorrida foi

---

24 Via de regra, os anos de maior produção foram 1986 e 1987.

25 Se se considera a tipologia apresentada por Erber e Vermulm (1992), essas empresas adotam estratégias caudatárias, como já mencionado.

insuficiente para alcançar os níveis de eficiência produtiva e a atualização tecnológica de produtos e de processos exigidos para fazer frente à concorrência de máquinas importadas. Nas entrevistas realizadas, todas as empresas do grupo mencionaram que, em decorrência da liberalização comercial, precisaram fazer um novo ajustamento nos níveis de produção e redefinir sua forma de atuação. Com o intuito de atualizar as máquinas fabricadas, as empresas substituíram o suprimento de algumas partes e componentes por importações. Concomitantemente, ampliaram a reorganização do processo de fabricação já iniciada em finais da década de 80 para torná-lo mais eficiente, eliminando alguns entraves e quaisquer desperdícios desnecessários, assim como aperfeiçoaram a estrutura existente para comercialização.

No que se refere ao segundo grupo de empresas, cabe assinalar que:

- a) todas eram de pequeno porte, empregando menos de 100 pessoas;
- b) fabricavam somente máquinas-ferramentas convencionais padronizadas;
- c) nenhuma empresa do grupo incorporou máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem em seu processo de fabricação, assim como nenhuma adotou alguma das técnicas organizacionais mencionadas na entrevista. Somente uma empresa do grupo utilizava o controle de qualidade na produção em algumas etapas do processo, as

- demais adotavam esse controle somente em produtos acabados, ou não o utilizavam;
- d) dominam a tecnologia das máquinas convencionais que fabricam, no entanto não realizaram nenhum esforço para adquirir novos conhecimentos que permitissem o aprimoramento das máquinas ou o lançamento de novos produtos;
  - e) não possuíam equipes institucionalizadas para a execução de atividades de engenharia. Em três das empresas, essas atividades eram atribuídas a um número bastante reduzido de pessoas, geralmente ao proprietário e a cerca de dois desenhistas;
  - f) somente uma empresa do grupo mencionou planejar algumas ações que visavam à redução do nível de integração vertical da produção, à redução do custo de estoques e à maior eficiência na assistência técnica.

Em síntese, as empresas desse segundo grupo pouco ampliaram suas capacidades tecnológicas, permanecendo num nível semelhante ao que possuíam em meados dos anos 80. Essas empresas acompanharam o crescimento verificado para o conjunto da indústria brasileira de máquinas-ferramentas entre 1985 e 1989, no entanto sem direcionar esforços para o aprimoramento de suas atividades. Somente uma se voltou para o mercado externo, cujas vendas, ali, atingiram cerca de 15% em 1993. A partir do início da década de 90, todas apresentaram uma queda nos níveis de produção, de forma mais abrupta do que as empresas incluídas no

primeiro grupo. Deve-se ressaltar que uma dessas empresas, na época em que as entrevistas foram realizadas, estava em fase de desativação da divisão de máquinas e organizando seu parque produtivo para a fabricação de uma nova linha de produtos.<sup>26</sup> Em outra empresa do grupo, foi constatado um nível de capacidade ociosa de cerca de 70% em 1993.<sup>27</sup>

Pode-se inferir que, de um modo geral, as empresas incluídas nesse segundo grupo foram mais afetadas pela crise de retração do mercado interno do que pela abertura comercial. Já no início dos anos 90, quando se aprofundou a crise interna, as empresas encontravam-se numa situação bastante fragilizada e, dadas as suas características, sem condições de tornar as plantas mais eficientes. Isso obrigou-as a reduzirem seus níveis de produção e a permanecerem no mercado de forma cada vez mais marginal. Todavia o fato de somente uma das empresas do grupo ter iniciado um processo de reconversão da produção pode significar que ainda existem espaços no mercado brasileiro para empresas de pequeno porte, que fabricam exclusivamente máquinas convencionais e que vêm, ao longo do tempo, postergando a introdução de inovações de produto e de processo.

---

26 Como já mencionado anteriormente, a divisão de máquinas dessa empresa representava cerca de 80% do faturamento total em 1988, passando para menos de 5% em 1993.

27 Para as empresas incluídas no primeiro grupo, o nível de ociosidade estava em torno de 30% a 40% em 1993.

No que se refere ao emprego, todas as empresas selecionadas no Rio Grande do Sul diminuíram o número de pessoas empregadas em cerca de 50% entre 1987/88 e 1993. Cabe lembrar que o nível de atividades da maioria das empresas era baixo na época em que as entrevistas foram realizadas. As empresas ainda sentiam os efeitos da crise econômica, o que se refletia no número de empregados.<sup>28</sup> Nas empresas incluídas no primeiro grupo, a redução da mão-de-obra resultou, principalmente, da incorporação de novos equipamentos no processo produtivo. Ademais, as informações apuradas na pesquisa de campo indicam que a redução do pessoal ocupado nessas empresas foi também resultante de um aumento na produtividade da mão-de-obra.<sup>29</sup> Em 1993, as empresas incluídas no primeiro grupo necessitavam de cerca de 30% menos de mão-de-obra para manter o mesmo nível de produção de 1988. Isso revela que as empresas implementaram ações para reestruturar suas atividades, que ocasionaram aumentos na produtividade. Assim, qualquer crescimento futuro da produção provavelmente ocorrerá sem a recuperação proporcional do emprego.<sup>30</sup>

---

28 Conforme Cruz (1993), a utilização média da capacidade instalada das empresas brasileiras fabricantes de máquinas-ferramentas caiu de 81% no período 1987/89 para 49% em 1992.

29 Com relação a esse aspecto, cabe reproduzir algumas das afirmações feitas pelos entrevistados: "(...) a única vantagem que a crise nos deu foi aprender a economizar e a exatamente otimizar a produção", "houve um aprimoramento no processo de fabricação (...) se consegue produzir mais em menos horas, antes se desperdiçava em determinados procedimentos", "organizar a empresa, tudo é muito controladinho".

30 Esse movimento em direção a um aumento da produtividade é semelhante ao que ocorreu no conjunto da indústria de transformação do país. Ver, a esse respeito, o item 2.2.2 deste trabalho.

Nas demais empresas incluídas no segundo grupo, a redução da mão-de-obra vinculou-se, basicamente, aos níveis mais baixos de produção e a algumas tentativas para reduzir certos desperdícios e o tempo empregado nas diversas tarefas executadas para a fabricação das máquinas.

## Conclusão

O objetivo deste trabalho foi examinar a capacitação tecnológica das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte no Rio Grande do Sul e a sua relação com as estratégias empresariais e o desempenho das firmas no mercado. Adicionalmente, procurou-se verificar as diferenças e/ou similaridades existentes entre esse processo de adequação tecnológica das empresas instaladas no Rio Grande do Sul e o experimentado por aquelas que se localizam em São Paulo.

A capacitação tecnológica das firmas - que está associada à acumulação de novos conhecimentos e habilidades - em grande medida condiciona a transferência de tecnologias e o ritmo de incorporação de inovações, pois o esforço empreendido pelas unidades produtivas para ampliar o estoque existente de conhecimentos e habilidades permite uma melhor absorção das informações tecnológicas disponíveis, ampliando suas capacidades tecnológicas. Tais capacidades dão condições às empresas para adquirir, assimilar, usar, adaptar ou mudar a tecnologia gerada em outras firmas ou setores, ou mesmo para criar novas tecnologias.

Tendo em vista que o conhecimento tecnológico possui um forte conteúdo tácito, o processo de capacitação assume, necessariamente, um caráter específico à firma. Mesmo quando se examinam firmas de um mesmo setor, verifica-se que o processo de

capacitação em cada uma delas não é homogêneo, pois depende do conhecimento acumulado que a firma possui - que se encontra incorporado às pessoas ou às rotinas de operação - e das formas concretas que cada firma utiliza para assimilar e usar as informações que se encontram disponíveis.

A capacitação tecnológica influencia as estratégias seguidas pelas empresas e contribui para o desempenho produtivo e competitivo. Na medida em que ocorre uma ampliação das habilidades e dos conhecimentos, aumentam as oportunidades tecnológicas das empresas, as quais lhes dão condições de planejar e executar ações que não visem somente a ajustes defensivos, mas que proporcionam também novos horizontes para as atividades da empresa ao longo de sua trajetória de crescimento.

São as decisões tomadas na própria empresa que moldam esse processo. Isso não significa, entretanto, que tais decisões estejam isentas de influência do ambiente em que a empresa atua, mas que a empresa tem o poder de decidir qual o melhor caminho a ser percorrido, considerando sua história, o conhecimento acumulado e as próprias rotinas tecnológicas e de produção utilizadas até então. Dessa forma, as vantagens competitivas que as firmas dispõem em um determinado período - detectadas por meio da análise dos seus desempenhos de mercado - resultam da capacitação acumulada ao longo do tempo e das estratégias adotadas em função do processo concorrencial e do ambiente econômico em que estão inseridas.

Nos Capítulos 3 e 4 foi demonstrado que as assimetrias quanto aos estoques de conhecimento acumulado geraram respostas diferenciadas por parte dos fabricantes de máquinas-ferramentas de corte face a um mesmo estímulo de mercado. Tais reações diferenciadas, por sua vez, acentuaram as assimetrias existentes entre as empresas instaladas no Rio Grande do Sul e entre estas e as de São Paulo.

São Paulo é responsável pela maior produção de máquinas-ferramentas no Brasil com 86% das empresas, seguido pelo Rio Grande do Sul, onde, atualmente, se localizam cerca de 30 empresas fabricantes de máquinas-ferramentas e acessórios, que representam, aproximadamente, 10% do total das empresas do setor instaladas no Brasil.

No Rio Grande do Sul, as empresas da indústria de máquinas-ferramentas são predominantemente de capital nacional. Constatou-se, inclusive, que sua maioria é de origem familiar. Neste estado, somente uma empresa do setor, instalada na segunda metade dos anos 70, é de propriedade estrangeira.

A maior parcela de máquinas-ferramentas produzidas nesse estado é de máquinas convencionais, padronizadas e de pequeno e médio portes. A fabricação de máquinas-ferramentas com comando numérico é, ainda, reduzida a um número restrito de firmas. Ademais, um número expressivo de empresas não tem como atividade principal a fabricação de máquinas-ferramentas, mas a produção de

outros equipamentos industriais, a prestação de serviços para terceiros ou, ainda, somente a fabricação de acessórios e ferramentas para máquinas-ferramentas.

A maioria das empresas do setor instaladas no Rio Grande do Sul é de menor porte do que as localizadas em São Paulo. Verificou-se que somente três empresas do primeiro estado foram incluídas no estrato das de médio porte, cabendo ainda ressaltar que o número de pessoas empregadas nessas empresas não ultrapassava 260. Portanto, diferentemente da indústria de máquinas-ferramentas de São Paulo, a do Rio Grande do Sul não conta com empresas de grande porte.

Pode-se, assim, dizer que grande parte das diferenças existentes entre as empresas localizadas no Rio Grande do Sul e em São Paulo deve ser atribuída a três aspectos característicos do conjunto de empresas selecionadas nesse último estado, quais sejam, a maior presença de subsidiárias de empresas estrangeiras; o maior porte das empresas; e, ainda, o maior número de empresas que ingressaram no segmento de máquinas-ferramentas com comando numérico entre meados da década de 70 e os primeiros anos da década seguinte. Esses três aspectos permitiram que as unidades produtivas instaladas em São Paulo intensificassem os esforços para a ampliação do estoque existente, de conhecimentos tecnológicos ao longo dos anos 80 e, conseqüentemente, avançassem mais rapidamente em direção à atualização dos processos de produção e dos produtos fabricados.

Examinando-se alguns indicadores do processo de capacitação tecnológica nas empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte selecionadas no Rio Grande do Sul, foi possível identificar dois grupos de empresas. Cada um dos grupos reúne empresas com perfis similares e cujos esforços empreendidos para ampliar o estoque existente de conhecimentos e habilidades, que permite uma melhor absorção das informações tecnológicas, foram semelhantes.

No que se refere ao primeiro grupo, a análise realizada mostrou que:

- a) considerando o número de pessoas empregadas, o tamanho médio das quatro empresas incluídas nesse grupo é maior do que o das demais empresas consultadas no estado. Apenas uma possuía menos de 100 empregados;
- b) todas as quatro empresas do grupo produzem máquinas-ferramentas com comando numérico, das quais uma fabrica exclusivamente máquinas sob encomenda;
- c) todas as empresas do grupo ampliaram as capacidades tecnológicas no âmbito do processo de fabricação. Dentre os mecanismos adotados pelas firmas para aumentar seu nível de habilidades e conhecimentos, destacam-se a utilização de máquinas com comando numérico no processo de produção, a adoção de células flexíveis de fabricação, a utilização de técnicas de gerenciamento dos fluxos de materiais e de controle de qualidade no processo de fabricação;

- d) com relação aos produtos, algumas empresas desenvolveram modelos próprios de máquinas com comando numérico, geralmente adaptações nas máquinas convencionais fabricadas, além de dominarem a tecnologia das máquinas convencionais a partir de um aprendizado do tipo *learning by doing*;
- e) todas as empresas do grupo possuíam departamentos de engenharia formalmente institucionalizados no organograma da empresa, nos quais eram utilizados sistemas CAD para auxiliar nas atividades de projeto das máquinas. As empresas direcionavam grande parte dos esforços para as atividades de engenharia de fabricação. Geralmente os departamentos de engenharia de produto tinham como função introduzir pequenos melhoramentos nos produtos já fabricados.

Em suma, as quatro empresas que formam o primeiro grupo utilizaram mecanismos que lhes proporcionaram absorver algumas informações tecnológicas, as quais determinaram a mudança no conjunto de conhecimentos que as firmas dominam, principalmente os referentes à operação das plantas. Ao assimilar tais informações, as empresas ampliaram as capacidades tecnológicas existentes, na medida em que geraram um processo de aprendizado que elevou o nível de habilidades e conhecimentos que cada uma das firmas detinha. Isso possibilitou uma difusão de inovações de processo, que envolve tanto mudanças nos equipamentos como alterações na organização da produção com o objetivo de fabricar

novos produtos (ou produtos melhorados) - os quais não podem ser produzidos com as plantas e os métodos de produção existentes - ou, ainda, de aumentar a eficiência na produção de produtos já fabricados. De um modo geral, poucos foram os mecanismos utilizados pelas empresas desse grupo para a ampliação dos conhecimentos relacionados aos produtos fabricados. É nessa área que reside uma das maiores diferenças encontradas neste estudo, quando se comparam as empresas instaladas no Rio Grande do Sul e em São Paulo.

De um modo geral, verificou-se que a retração do mercado interno e a maior exposição à concorrência de produtos importados decorrente da política de liberalização comercial condicionavam as estratégias das empresas fabricantes de máquinas-ferramentas de corte selecionadas na época em que as entrevistas foram realizadas. No caso das quatro empresas que formam o primeiro grupo, considerando a tipologia apresentada no Capítulo 4, as ações estratégicas adotadas foram identificadas com a estratégia caudatária, seguindo a trajetória traçada pelas empresas líderes localizadas em São Paulo.

O eixo da estratégia empresarial dessas firmas constituiu-se na redução do nível de integração vertical da produção e na solução de alguns entraves existentes ao longo do processo de fabricação. Adicionalmente, as empresas procuraram aprimorar os produtos fabricados, mas com uma intensidade menor do que as ações direcionadas ao processo de fabricação. De forma semelhante

ao verificado nas firmas localizadas em São Paulo, uma das principais mudanças no comportamento das empresas desse grupo foi a adoção de estratégias voltadas para o redirecionamento da produção para os mercados interno e externo. Três empresas do grupo aumentaram as exportações no período 1988-93.

Em suma, pode-se dizer que as empresas que foram incluídas nesse grupo, identificadas como as mais importantes da indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul, ampliaram as capacidades tecnológicas nas áreas examinadas neste estudo e implementaram algumas ações que lhes permitiram manter ou ampliar as vantagens nos segmentos de mercado em que atuam e, ainda, criar condições para o ingresso em outros segmentos tecnologicamente mais avançados, como o das máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem. Conseqüentemente todas essas quatro empresas apresentaram resultados bastante favoráveis até 1989 e, em relação às demais empresas consultadas, tiveram melhores condições de enfrentar a crise iniciada no final dos anos 80. No entanto cabe assinalar que a conduta adotada pelas empresas não significou uma transformação radical das estratégias em busca de maior competitividade. Via de regra, as estratégias perseguidas pelas empresas podem ser consideradas como defensivas e bastante vulneráveis ao ambiente macroeconômico. A maior inserção no comércio internacional por parte dessas empresas pode ser considerada como um dos indicativos do relativo avanço que essas firmas lograram no

período de retração do mercado interno, o que, de certa forma, lhes permitiu contrabalançar esta retração.

Todavia os problemas enfrentados pelas empresas a partir da abertura comercial mostraram que a reestruturação ocorrida foi insuficiente para alcançar os níveis de eficiência produtiva e atualização tecnológica de produtos e de processos exigidos para fazer frente à concorrência de máquinas importadas. Nas entrevistas realizadas, todas as empresas do grupo mencionaram que, em decorrência da liberalização comercial, precisaram fazer um novo ajustamento nos níveis de produção e redefinir sua forma de atuação. Com o intuito de atualizar as máquinas fabricadas, as empresas substituíram o suprimento de algumas partes e componentes por importações. Concomitantemente, ampliaram a reorganização do processo de fabricação já iniciada em finais da década de 80, para torná-lo mais eficiente, eliminando alguns entraves e quaisquer desperdícios desnecessários, assim como aperfeiçoaram a estrutura existente para comercialização.

No que se refere ao segundo grupo de empresas, a pesquisa indicou que:

- a) todas as empresas eram de pequeno porte, empregando menos de 100 pessoas;
- b) as empresas fabricavam somente máquinas-ferramentas convencionais padronizadas;
- c) nenhuma empresa do grupo incorporou máquinas-ferramentas com comando numérico e centros de usinagem em seu

processo de fabricação, nem adotou alguma das técnicas organizacionais mencionadas na entrevista. Somente uma empresa do grupo utilizava o controle de qualidade na produção, em algumas etapas do processo, as demais adotavam esse controle somente em produtos acabados, ou não o utilizavam;

- d) as empresas dominam a tecnologia das máquinas convencionais que fabricam, no entanto não realizaram nenhum esforço para adquirir novos conhecimentos que permitissem o aprimoramento das máquinas ou o lançamento de novos produtos;
- e) as empresas do grupo não possuíam equipes institucionalizadas para a execução de atividades de engenharia. Em três das empresas, essas atividades eram atribuídas a um número bastante reduzido de pessoas;
- f) somente uma empresa do grupo mencionou planejar algumas ações que visavam à redução do nível de integração vertical da produção, à diminuição do custo de estoques e à maior eficiência na assistência técnica.

Constatou-se, portanto, que as empresas desse segundo grupo pouco ampliaram suas capacidades tecnológicas e foram identificadas com a estratégia de sobrevivência passiva. Essas empresas acompanharam o crescimento verificado entre 1985 e 1989 nas demais empresas do setor. No entanto, a partir do início da década de 90, todas apresentaram uma queda nos níveis de produção

mais acentuada do que a verificada nas empresas incluídas no primeiro grupo mencionado acima.

Ademais, pode-se inferir que, de um modo geral, as empresas incluídas nesse segundo grupo foram mais afetadas pela crise de retração do mercado interno do que pela abertura comercial. Já no início dos anos 90, quando se aprofundou a crise interna, as empresas encontravam-se numa situação bastante fragilizada e, dadas as suas características, sem condições de tornarem as plantas mais eficientes. Isso as obrigou a reduzirem seus níveis de produção e a permanecerem no mercado de forma cada vez mais marginal. Todavia o fato de somente uma das empresas do grupo ter iniciado um processo de reconversão da produção pode significar que ainda existem espaços no mercado brasileiro para empresas de pequeno porte, que fabricam exclusivamente máquinas convencionais e que vem, ao longo do tempo, postergando a introdução de inovações de produto e de processo.

A comparação entre as empresas selecionadas no Rio Grande do Sul e as consultadas em São Paulo, realizada nos Capítulos 3 e 4, mostrou que as quatro firmas mais importantes da indústria de máquinas-ferramentas do primeiro estado, que integram o primeiro grupo mencionado acima, são as que apresentam características que mais se aproximam das constatadas nas empresas consultadas em São Paulo. Tais empresas constituem o núcleo mais sólido da referida indústria no Rio Grande do Sul e, no decorrer da última década, ampliaram suas capacidades tecnológicas, as quais possibilitaram

melhores condições de enfrentar a crise econômica do país e de incorporar algumas das modificações decorrentes das inovações tecnológicas em curso. Nas demais empresas consultadas neste estado, o fato de o processo de capacitação tecnológica ter sido bastante limitado e de terem permanecido na fabricação de máquinas convencionais simples ampliou as diferenças existentes com as firmas de São Paulo escolhidas para este estudo.

A existência de grandes assimetrias entre as empresas selecionadas para este estudo espelha a situação da indústria brasileira de máquinas-ferramentas como um todo. Como foi assinalado nos Capítulos 1 e 2, notadamente a partir de meados dos anos 70, os avanços na área da eletrônica determinaram intensas modificações nos produtos da indústria de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos, onde a fronteira tecnológica do setor é estabelecida a partir do processo de inovação que se realiza. Os deslocamentos nessa fronteira representaram grandes descontinuidades em termos de concepção e fabricação de produtos para as empresas localizadas nos demais países, notadamente os de industrialização tardia como o Brasil.

Esse processo de inovação tecnológica foi, por si, gerador de assimetrias entre as firmas da indústria em questão, as quais conferiram vantagens competitivas às empresas que mais rapidamente avançaram. No caso específico da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, verificou-se que as assimetrias geradas pelo processo de inovação tecnológica foram mais acentuadas do

que nos países desenvolvidos. Como foi examinado ao longo da segunda parte do Capítulo 2, considerando a década de 80, outros aspectos devem ser também responsabilizados pela maior magnitude dessas diferenças entre as empresas da indústria de máquinas-ferramentas, além dos tecnológicos propriamente ditos. Trata-se dos aspectos relacionados à própria crise econômica do país, à ausência de política industrial e às características da demanda interna de máquinas-ferramentas.

A severa recessão econômica dos primeiros anos da década de 80 afetou sobremaneira as empresas fabricantes de máquinas-ferramentas. Entretanto, devido às condições internas diferenciadas das empresas, os efeitos da crise nas empresas do setor não foram homogêneos. As empresas de maior porte (de capital nacional ou subsidiárias de empresas estrangeiras), que apresentavam uma situação financeira menos vulnerável e/ou que já haviam ingressado num processo de maior atualização tecnológica, tiveram condições de reagir à conjuntura adversa mediante a intensificação da produção de máquinas-ferramentas com comando numérico. De um modo geral, a situação dessas empresas lhes permitiu reagir, de forma mais favorável do que as demais firmas da indústria, à grande instabilidade econômica dos anos 80 e, posteriormente, à abertura de mercado no início da década seguinte.

Concomitantemente, verificou-se a gradativa desarticulação da política industrial adotada na década anterior, sem a criação

de novos instrumentos que apoiassem a reestruturação do setor e a difusão de inovações. O desmonte da estrutura de incentivos fiscais e de subsídios fiscais e creditícios já no início da década de 80 afetou, sobretudo, as empresas do setor cujas atuações no mercado eram fortemente dependentes desses mecanismos. As empresas de menor porte e de capital nacional foram as mais atingidas, uma vez que dependiam largamente dos incentivos e dos subsídios para a manutenção da rentabilidade. A forma básica de atuação da política industrial no setor de máquinas-ferramentas tem sido o financiamento às vendas por intermédio da Agência Especial de Financiamento Industrial. Ao longo dos últimos 15 anos, as crises macroeconômica e fiscal no país reduziram o volume de recursos à disposição do BNDES e, conseqüentemente, o volume de empréstimos concedidos pela FINAME. Em decorrência, o percentual do valor da máquina que pode ser financiado, que depende da disponibilidade de recursos da Agência, foi fortemente reduzido a partir de meados dos anos 80. Em 1990-91, a FINAME financiava somente 55% do valor da máquina. Como a comercialização de máquinas-ferramentas depende, em grande medida, da disponibilidade de instrumentos de financiamento de longo prazo, o desempenho de todas as empresas fabricantes desses equipamentos no Brasil foi fortemente afetado.

Adicionalmente, cabe notar, ainda, que as características da demanda interna de máquinas-ferramentas permitiram que, mesmo sem incorporar inovações de produto, algumas empresas encontrassem espaço no mercado interno para permanecer ofertando os

equipamentos convencionais, pois o processo de atualização tecnológica das empresas usuárias de máquinas-ferramentas no país ficou restrito a um conjunto limitado de empresas e/ou setores. Por seu turno, isso realimentou a heterogeneidade tecnológica das firmas produtoras de máquinas-ferramentas, ao oportunizar que os fabricantes de máquinas convencionais mantivessem as mesmas linhas de produção.

Ademais, a difusão de inovações de produto nas principais empresas não significou alterações profundas na estrutura da indústria brasileira de máquinas-ferramentas, como ocorreu, inicialmente, no Japão e, depois, nos demais países desenvolvidos. Foi mantido o mesmo formato estrutural que caracterizou o período que antecedeu tal difusão, cujas principais características são: grande diversificação da produção, escalas de produção reduzidas e um grau de verticalização elevado. Cabe assinalar ainda que, diferentemente do que se verificou nas indústrias dos principais produtores mundiais, as empresas de capital nacional no país não experimentaram quaisquer processos de fusão e/ou de busca de parcerias com outras empresas (inclusive estrangeiras) que lhes proporcionassem condições mais favoráveis para o aprimoramento de suas capacidades tecnológicas e para o enfrentamento da concorrência no mercado. Pode-se inferir que a natureza familiar dessas empresas tem sido um dos aspectos que vêm impedindo tal processo. A manutenção das características estruturais da indústria obstaculizou a diminuição da heterogeneidade

tecnológica da indústria e do gap existente em relação aos fabricantes de máquinas-ferramentas dos países desenvolvidos.

Anexo I

## Quadro .1

Relação de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas e de acessórios, instaladas no Rio Grande do Sul, cadastradas na ABIMAQ/SINDIMAQ em 1993

EMPRESA	PRINCIPAIS PRODUTOS
Wotan Máquinas Operatrizes Sulmecânica Industrial Ltda Engemaq Eletro Erosão S/A	Centros de usinagem, mandriladoras, fresadoras Retificadoras, afiadoras Maq. de usinagem por eletro-erosão, impressora tampográfica
Metalmatic Máq. Operatrizes Ltda Indústrias Claudio Eberle S/A Metalúrgica Theodoro Pelzer Ltda Construções Mecânicas CMV Ltda TRM Ind. e Com. de Máquinas Ltda EMI Indústria de Máquinas Hidráulicos Máq. Peças Himapel Ltda Amadeo Rossi S/A Cicofer Máquinas e Metalurgia Ltda Clodoveu Speráfico & Cia Ltda Esebra Elétrica Solda Eletrônica Ltda Fábrica de Máquinas Almeida Ltda FAE Matrizes e Dispositivos Ltda Fengema Ferramentaria Ltda Ferramentaria Solka Ltda Hidrodinâmica Máquinas Ltda IMARP Ind. de Marteleto Pneumáticos Indústria Mecânica Stangherlini Ltda Indústria Metalúrgicas Fritz S/A Mazi Máquinas Industriais Ltda Mecânica Ansega Ltda Metalúrgica Dalbano Ltda Metalúrgica HP Ltda Metalúrgica Neivan Ltda Miki Metalúrgica Ltda Multimaq Máq e Equipamentos Ltda Perto S/A Periféricos p/Automação Reitz Indústria Mecânica Ltda Repromaq Ind. de Máq. Operatrizes Ltda Resitron Resistências e Transf. Ltda SUMIG Indústria de Tochas Ltda Zamproгна S/A Implementos Com. Ind. USITEC Máq. e Equip. Eletromecânicos	Centros de usinagem, mandriladoras, <i>retrofitting</i> Produtos de plásticos, furadeira, fresadora Retificadoras, mandriladoras Maq. de jateamento, maq. rodoviárias Retificadoras, maq. p/curvar tubos Turbilhoador p/rosca, serviços p/terceiros Prensas hidráulicas Armas e munições Serra circular, elevador p/construção, laminador Mandril ... Máquinas p/correntes, bijouteria e jóias Matrizes, cabeçote retificador Comércio de máquinas Matrizes, afiadeira de ferramentas Prensas, viradeira hidráulica Marteleto pneumáticos Serviços p/terceiros, serralheria ... Máquina rebiteira p/ lona de freios ... Matrizes, maq. lixadeira, maq. p/dobrar tubos ... Furadeira p/madeira, matriz Porta ferramenta p/torno, torno de bancada Equip e acessórios p/ind. de curtumes Preenchedora de cheques Ferramentas pneumáticas Serviços p/terceiros, acessórios Transformadores, circuito elétrico Tochas, peças MIG e TIG Tubos Bombas refrig. p/máquinas operatrizes, amortecedores hidráulicos

FONTE: ABIMAQ/SINDIMAQ

## Quadro 2

Relação de empresas fabricantes de máquinas-ferramentas e de acessórios,  
instaladas no Rio Grande do Sul, listadas no Cadastro  
Industrial da FIERGS/IDERGS

EMPRESA	PRINCIPAIS PRODUTOS
Máquinas Polar Ltda	peças p/máquinas-ferramentas
Metalúrgica Meier Ltda	peças p/máquinas-ferramentas
Acefer Acessórios e Ferramentas Ltda	divisor universal p/fresadora, mandril
Bio-Max Ind. de Máquinas Ltda	prensa
BLP Máquinas e Ferramentas Ltda	prensa para ajuste e molde
Diasul Equip. Ferramentas Diamantadas	retificador, ferramenta especial
Divimec Tecnologia Industrial Ltda	cilindro hidráulico, rolete prensa
Ferramentas Grand Ltda	cabeçote de fresar, ferramenta de toronar
Gauer Máquinas Ltda	furadeira, lixadeira, serra p/madeira
Hawar Máquinas do Brasil Ltda	prensa p/acabamento, cortadeira de filete
Intertec Intercâmbio Técnico Com. Ltda	furadeira, moto-serra a gasolina, serra elétrica
Irmãos Mocellin & Cia Ltda	fresadeira, prensa hidráulica
Indústria Mecânica Macco Ltda	fresa para metal, engrenagens
Syl Ind. de Máquinas Ltda	cortadeira de disco, furadeira
Xervitt Indústria e Comércio de Máquinas Ltda	tornos

FONTE: Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul 1991/92, FIERGS/CIERGS  
Cadastro Industrial do Rio Grande do Sul 1993/94, FIERGS/CIERGS

Anexo II

**Relação de empresas selecionadas no Rio Grande do Sul:**

Wotan Máquinas Operatrizes

Sulmecânica Industrial Ltda

Engemaq Eletro Erosão S/A

Metalmatic Máquinas Operatrizes Ltda

Indústrias Cláudio Eberle S/A

Metalúrgica Theodoro Pelzer Ltda

Construções Mecânicas CMV Ltda

TRM Indústria e Comércio de Máquinas Ltda

**Relação de empresas selecionadas em São Paulo:**

Indústrias Romi S.A.

Indústrias Nardini S.A.

Sanches Blames S.A. Indústrias de Máquinas e Ferramentas

Heller Máquinas Operatrizes Indústria e Comércio Ltda.

Traubomatic Indústria e Comércio Ltda.

Thyssen Production System Ltda.

Indústrias Emanuel Rocco S.A.

Grob do Brasil S.A.

Máquinas Operatrizes Zocca Ltda.

Innobra Innocenti Indústria Mecânica S.A.

**ROTEIRO DAS ENTREVISTAS:****I- Caracterização da empresa**

- 1- Nome da empresa
- 2- Grupo econômico a que pertence
- 3- Propriedade do capital
- 4- Número de filiais e localização
- 5- Principais produtos (participação nas vendas totais)

**II- Capacitação tecnológica**

- 6- Idade dos produtos
  - a) produto 1 (principal)
  - b) produto 2
  - c) produto 3
  - d) produto 4
- 7- Geração dos produtos
  - a) produto 1 (principal)
  - b) produto 2
  - c) produto 3
  - d) produto 4
- 8- Nº de marcas que produz:
  - a) próprias
  - b) licenciadasSe licenciadas, houve adaptação? Em que etapa? Porque motivo?
- 9- Pensam lançar novos produtos?
- 10- Idade dos equipamentos:
  - a) equipamento 1 (principal)
  - b) equipamento 2
  - c) equipamento 3
  - d) equipamento 4
- 11- Geração dos equipamentos
  - a) equipamento 1 (principal)
  - b) equipamento 2
  - c) equipamento 3
  - d) equipamento 4
- 12- Outras informações a respeito dos equipamentos.
- 13- % das operações realizadas em máquinas com dispositivos microeletrônicos:
  - a) produto 1
  - b) produto 2
  - c) produto 3

d) produto 4

14- Utilização de:

- a) círculo de controle de qualidade
- b) controle estatístico de processo
- c) células de produção
- d) *just in time*

15- Situação em relação a ISO-9000:

- a) não conhece
- b) conhece e não pretende implantar
- c) realiza estudos visando a implantação
- d) recém iniciou a implantação
- e) está em fase adiantada de implantação
- f) já completou a implantação mas ainda não obteve o certificado
- g) já obteve o certificado

16- Controle de qualidade na produção:

- a) não realiza;
- b) somente em produtos acabados;
- c) em algumas etapas;
- d) em todas as etapas.

17- Descrição das atividades de pesquisa e desenvolvimento, e de departamentos de engenharia.

18- Fontes de informação utilizadas:

- a) participação em atividades promovidas por associações de classes;
- b) revistas especializadas;
- c) feiras e congressos no país e no exterior;
- d) visitas a outras empresas no país e no exterior;
- e) pesquisas próprias;
- i) outras.

19- Tecnologias/serviços tecnológicos adquiridos no país e no exterior

20- Treinamento de recursos humanos:

- a) não realiza;
- b) realiza na própria empresa;
- c) realiza em outros locais.

20- Formas de integração com fornecedores e usuários

21- Relações com usuários e influência (ou não) dos usuários sobre as estratégias de inovação da empresa.

### III- FONTES DE RECURSOS

22- Fontes de recursos para o financiamento dos investimentos em capital fixo

23- Fontes de recursos para o financiamento ao desenvolvimento tecnológico

24- Fontes de recursos para o financiamento às vendas:

- a) no mercado interno
- b) no mercado externo

#### IV- COMERCIALIZAÇÃO

25- Destino das vendas:

	1988	1993
mercado interno	.....	.....
RS	.....	.....
Brasil	.....	.....
mercado externo	.....	.....
América Latina	.....	.....
Estados Unidos	.....	.....
Outros países	.....	.....

#### V- DESEMPENHO

26- Produção

27- Investimentos

28- Exportações - importações

29- Utilização da capacidade

30- Emprego

31- Produtividade

#### VI- ESTRATÉGIAS

32- Estratégia de produção (reduzir custos de estoques, reduzir necessidades de mão-obra, promover desgargalamentos produtivos, desverticalização da produção, não tem estratégia)

33- Estratégia de produto (preço, prazo de entrega, assistência técnica, sofisticação tecnológica, atendimento a especificações de clientes, etc)

**VI- OUTRAS INFORMAÇÕES**

34- Obstáculos, poder aquisitivo, baixo nível de exigência do mercado interno, financiamento, legislação, canais de comercialização, etc.

35- Repercussões da abertura do mercado para a empresa.

36- Repercussões da criação do Mercosul para a empresa.

## Bibliografia

- ABIMAQ/SINDIMAQ (1989). Política Industrial para a indústria de máquinas e equipamentos no Brasil. São Paulo: ABIMAQ.
- ACCURSO, C. F. coord. (s.d.). **Avaliação geral do setor industrial do Rio Grande do Sul**: período 1960-85. Porto Alegre: IEPE/UFRGS. (Mimeo).
- ALMEIDA, F.L. (1983). A expansão da indústria de bens de capital: fatores determinantes. **Séries Teses**, Rio de Janeiro: FGV (7).
- ALMEIDA, P. F.; MARCANTONIO, R. S.; LIMA, R. S. (1986). A indústria gaúcha de bens de capital na dinâmica da economia brasileira - avanços e constrangimentos. Porto Alegre: FEE.
- AMADEO, E. J. e VILLELA, A. (1994) Crescimento da Produtividade e Geração de Empregos na Indústria Brasileira. **Revista do BNDES**, v. 1, n.1 junho.
- ARAÚJO JR, José Tavares de (1985). **Tecnologia, concorrência e mudança estrutural**: a experiência brasileira recente. Rio de Janeiro: IPEA/INPES.
- ARAÚJO JR., J. T.; CORREA, P. G.; CASTILHO, M. R. (1992). **Oportunidades estratégicas da indústria brasileira nos anos 90**. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ. (Série Documentos nº 6).
- Balanço Anual, diversos números.
- BNDES (1988). Questões relativas à competitividade da indústria de bens de capital: bens de capital sob encomenda e máquinas-ferramentas. Rio de Janeiro: BNDES/DEEST, v.8.
- BONELLI, R. e PINHEIRO, A. C. (1994) O Papel da poupança compulsória no financiamento do desenvolvimento: desafios para o BNDES. **Revista BNDES**, v.1, n.1, junho.
- CADASTRO Industrial do Rio Grande do Sul de 1991/92. Porto Alegre: IDERGS (FIERGS/CIERGS).
- CADASTRO Industrial do Rio Grande do Sul de 1993/94. Porto Alegre: IDERGS (FIERGS/CIERGS).
- CARVALHO, F. Q. (1994). Capacitação tecnológica limitada e uso do trabalho na indústria brasileira. São Paulo: SEADE. **São Paulo em Perspectiva**. Vol.8, n.1.
- CARVALHO, R. Q. (1987) **Tecnologia e trabalho industrial**. Porto Alegre. L&PM Editores.

- CEE (1986). Tendances recétes de la fabrication flexible. New York: CEE/ONU.
- CHUDNOVSKY, D. (1988). The diffusion and production of numerically machine tools with special reference to Argentina. *World Development*, vol. 16, n.6.
- CHUDNOVSKY, D. (1990). *La demanda y la oferta de maquinas herramientas en América Latina. Posibilidades y políticas para impulsar proyectos de produccion conjunta.* mimeo.
- CHUDNOVSKY, D.; LÓPEZ, A.; PORTA, F. (1994). Industrias petroquímica y de máquinas herramientas: estrategias empresariales. *Revista de la Cepal*, Santiago do Chile, n.52.
- COHEN, W. M. & LEVINTHAL, D. A. (1989) Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, 99, pp. 569-596, Sept.
- CORREA, P.G. & KUPFER, D. (1991). *Padrão de concorrência e dinâmica competitiva: o caso da indústria brasileira de máquinas-ferramenta.* Rio de Janeiro: IEI/UFRJ. (Textos para discussão, n.264).
- CRUZ, H. N. (1983). Notas sobre a mudança tecnológica no setor de máquinas-ferramenta no Brasil. *Estudos Econômicos*. v.13, n.3, set./dez.
- CRUZ, H. N. (1985). *Mudança tecnológica no setor metal-mecânico do Brasil: resultado de estudos de casos.* São Paulo: IPE/USP. (Séries Ensaio Econômicos, v.44).
- CRUZ, H. N. (1993). *Competitividade da indústria de máquinas-ferramenta. Campinas: Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira.* (Nota técnica setorial do complexo metal-mecânico).
- DAHLMAN, C., ROSS-LARSON, B. & WESTPHAL, L. E. (1987) Managing Technological Development: lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, vol.15, N.6, p.759-775.
- DERTOUZOUS, M. et alii (1989). *Made in America: regaining the productive edge.* Cambridge, Massachussets, MIT Press.
- DOSI, G. (1982) Technological Paradigms and Technological Trajectories: The Determinants and Directions of Technical Change and the Transformation of the Economy. *Research Policy*, n.11.
- DOSI, G. (1984) *Technical Change and Industrial Transformation: the theory and an application to the semiconductor industry.* Houndmills: Macmillan Press.

- DOSI, G. (1988) The nature of the innovative process. In Dosi et al (1988) **Technical Change and Economic Theory**. Pinter Publishers.
- EDQUIST, C. & JACOBSSON, S. (1988) **Flexible automation - the global diffusion of the new technology in the engineering industry**. Oxford, Basil, Blackwell.
- EHRNBERG, E. e JACOBSSON, S. (1993) Technological discontinuity and competitive strategy - revival through EMS for the European machine tool industry? **Technological Forecasting and Social Change**, n.44, p.27-48.
- ERBER, F. S. e VERMULM, R. (1992) **Ajuste estrutural e estratégias empresariais - um estudo dos setores petroquímico e de máquinas-ferramenta no Brasil**. mimeo.
- FAJNZYLBER, F. (1983) **La Industrialización Trunca de América Latina**. México. Editorial Nueva Imagen.
- FANELLI, J. M. (1994). **Estabilidad y estructura: interacciones en el crecimiento económico**. Santiago do Chile. CEPAL.
- FERREIRA, C.K.L. (1987) **A Trajetória Tecnológica da Automação Flexível e seus Impactos na Articulação Externa da Economia Brasileira**. Dissertação de Mestrado. Campinas, Instituto de Economia/UNICAMP. (mimeo).
- FINAME completa 30 anos e reabre financiamentos a custo mais baixo. *Gazeta Mercantil* 22.12.94, p.18.
- FRANSMAN, M. (1986). International competitiveness, technical change and the state: the machine tool industry in Taiwan and Japan. **World Development**. v.14, n.12.
- FURTADO, A. (1994). **Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes**. Brasília: IPEA. (Texto para discussão, n.348).
- GROOVER, M. P. (1987) **Automation production systems and computer-integrated manufacturing**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Guia Interinvest: o Brasil e o capital internacional (1992)
- HUMPHREY, J. (1993). Introduction: reorganizing the firm. **IDS Bulletin**. v24, n.2.
- JACOBSSON, S. (1985) Technical change and industrial policy: the case of computer numerically controlled lathes in Argentina, Korea and Taiwan. **World Development**. v. 13. n.3.
- JACOBSSON, S. (1986) **Electronics and industrial policy: The case of computer controlled lathes**. London: Allen & Unwin.

- JONES, D. T. (1983) Machine tools: the technical change and a Japanese challenge. In: SHEPHERD, G. ET ALI. (eds.) **Europe's industries - public and private strategies for change**. London, Frances Prints Publishers.
- KUPFER, D. (1994) Competitividade da indústria brasileira: visão de conjunto e tendências de alguns setores. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.82, p.45-78.
- LAGO, L. C. et alli. (1979) **A indústria de bens de capital - origens, situação recente e perspectivas**. IBRE/FGV.
- LANDES, D. S. (1969) **The Unbound Prometheus**. Cambridge University Press.
- LAPLANE, M. (1989). **Setor de máquinas-ferramenta: diagnóstico da situação atual**. ABIMAQ/SINDIMAQ. (mimeo).
- LAPLANE, M. (1990) Diagnóstico da indústria de máquinas-ferramentas. In: COUTINHO, L. & SUZIGAN, W. **Desenvolvimento tecnológico da indústria e a constituição de um sistema nacional de inovação no Brasil**. Campinas: IPT/FECAMP (mimeo).
- LAPLANE, M. (1992) **O complexo eletrônico na dinâmica industrial dos anos 80**. Tese de Doutorado. Campinas. Instituto de Economia/UNICAMP. (mimeo).
- LUNDEVALL, B. A. (1988) Innovation as an interactive Process: from user-producer interaction to the National System of Innovation, In Dosi et al. (1988) **Technical Change and Economy Theory**. London: Pinter Publishers.
- MARCH, A. (1989) The US machine tool industry and its foreign competitors. Cambridge, Massachusetts: MIT Commission. (working paper).
- MIRANDA, J. C. (1994). **Reestruturação industrial em contexto macroeconômico instável: a experiência brasileira contemporânea**. Santiago do Chile. CEPAL.
- NELSON, R. & WINTER, S. (1977) In search of a useful theory of innovation. **Research Policy**, v.6, n.1, jan., p.36-76.
- NELSON, R. & WINTER, S. (1982) **An Evolutionary Theory of Economic Change**, Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard Univ. Press.
- OCDE (1990) Technological innovation: some definitions and building blocks. Technology/Economy Programme (TEP). Draft background report. (mimeo).
- OCDE (1992) **Technology and economy - The key relationships**. The Technology/Economy Programme. Paris.

- ONUDI (1990) La demanda y la oferta de máquinas herramientas en America Latina, posibilidades y políticas para proyectos de producción conjunta. Chile.
- ONUDI (1991). Evolución mundial de la industria de máquinas herramientas: repercusiones en los usuarios y los productores de los países en desarrollo. Chile. (mimeo).
- PASSOS, M. C.; LIMA, R. S. (1992). Entre perdas e ganhos: apontamentos sobre a indústria gaúcha. **Ensaio FEE**. Porto Alegre. v.13, n.2.
- PAVITT, K. (1984) Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v.13, p.343-373.
- PEREZ, C. (1989) Câmbio técnico, reestruturação competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. (mimeo).
- POLÍTICA industrial (1994a). Boletim de Conjuntura IEI-UFRJ. v.14, n.3. outubro.
- POLÍTICA industrial (1994b) Boletim de Conjuntura IEI-UFRJ. v.14. n.4. dezembro.
- POSSAS, M. (1989) Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neo-schumpeteriana. In Amadeo, E. (org.), **Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico**. São Paulo: Marco Zero.
- PRADO, A. J. C. (1989) **A difusão da automação flexível na indústria brasileira de autopeças**. Dissertação de mestrado. Campinas. Instituto de Economia/UNICAMP. (mimeo).
- QUÉLIN, B (1991) La diffusion des innovations: une analyse inter-industrielle. In R. Arena, J. de Bandt, L. Benzoni (orgs.) **Traité d'économie industrielle**. Paris: Economica. 2ª edição.
- RABELO, F. M. (1989) **Automação, estrutura industrial e gestão da mão-de-obra: o caso da introdução das máquinas-ferramentas com comando numérico na indústria metal-mecânica**. Dissertação de mestrado. Campinas. Instituto de Economia/Unicamp. (mimeo).
- Revista Quem é Quem, diversos números.
- ROSEMBERG, N. (1976) **Perspectives on technology**. Cambridge: Cambridge University Press.
- ROSEMBERG, N. (1982) **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge: University Press.
- ROSENBERG, N. (1979) **Tecnologia y Economía. Colección Tecnología y Sociedad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S/A, .