

A HETEROGENEIDADE DO SETOR DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL

Glaision Augusto Guerrero*

Pedro Cezar Dutra Fonseca**

RESUMO

A trajetória do processo de industrialização por substituição de importações (PISI) brasileiro foi marcada pela ênfase na acumulação de capacidade produtiva, e menor disposição das empresas na acumulação de capacidade inovativa. A proteção da concorrência externa gerou demanda suficiente para o crescimento do setor de máquinas-ferramenta, mas também poucas empresas desenvolveram capacidade inovativa. Ademais, chama atenção o caráter contraditório do arcabouço regulatório e competitivo do PISI para o setor de bens de capital: as importações foram estimuladas por taxas de câmbio diferenciadas, importações sem cobertura cambial e isenções fiscais, enquanto se protegia a produção nacional com barreiras tarifárias e não tarifárias. Essa 'dinâmica' institucional configurou a especialização do setor de máquinas-ferramenta em produtos com menor conteúdo tecnológico relativamente às importadas. Os ramos industriais capitaneados pelas empresas estrangeiras após 1956 também contribuíram para configurar tal quadro, pois as mesmas requeriam máquinas-ferramenta de elevado conteúdo tecnológico que deslocava a procura para o mercado externo. A heterogeneidade tecnológica e competitiva entre os fabricantes decorre não apenas dos distintos esforços inovativos entre os mesmos, mas também é devida à estrutura da demanda e do grau de sofisticação do usuário.

Palavras-chave: Máquinas-Ferramenta. Economia Brasileira. Bens de Capital. Tecnologia

ABSTRACT

The trajectory of the Brazilian industrialization process was characterized by the accumulation of productive capacity and not the accumulation of innovative capacity. Protection from foreign competition generated enough demand for the growth of the machine tool, but few companies have developed innovative capacity. Furthermore, our attention is called to the contradictory nature of the regulatory framework and competitive PISI for the capital goods sector: imports were stimulated by different exchange rates, imports without hedging and tax exemptions, while protecting domestic production with tariffs and nontariff barriers. This 'dynamic' institutional sector specialization configured machine tool products with lower technological content compared with the imported ones. The industries led by foreign companies after 1956 also contributed to set up such a framework because they required machine tools with high technological content which shifted the demand for the foreign market. The technological heterogeneity among manufacturers not only from different innovative efforts between themselves, but it is also due to the structure of demand and the degree of sophistication of the end user.

Keywords: Machine Tools. Brazilian Economy. Capital Goods. Technology.

Seções ordinárias:

2. História Econômica e Economia Brasileira

2.3 Economia Brasileira Contemporânea

1 Introdução

O objetivo do artigo é investigar os fatores determinantes da heterogeneidade tecnológica e competitiva do setor de máquinas-ferramenta (MF) no Brasil. A partir de uma perspectiva histórica do PISI busca resgatar alguns fatos estilizados para caracterizar e argumentar que o dinamismo produtivo e tecnológico do setor de MF não depende (e não dependeu) apenas dos esforços

* Doutor em Economia do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor Adjunto do Departamento de Economia e Relações Internacionais (UFRGS). E-mail: glaison.guerrero@ufrgs.br

** Professor Titular do Departamento de Ciências Econômicas e do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Pesquisador do CNPq. E-mail: pedro.fonseca@ufrgs.br.

inovativos dos produtores, mas também da estrutura da demanda e do seu grau de sofisticação, os quais, todavia, foram condicionadas pelo arcabouço institucional da economia nesse processo. Uma vez que as empresas e indivíduos possuem uma história de aprendizados e buscam mudar suas rotinas produtivas, tecnológicas e organizacionais para o empreendimento de inovações - com o apoio do ambiente institucional e da infraestrutura de ciência e tecnologia (C&T) -, é importante uma análise sobre o arcabouço regulatório do PISI e o ambiente de incentivos em que as estruturas econômicas foram “edificadas” e certas capacidades tecnológicas e sociais foram “adquiridas”. Portanto, o artigo assume como pressuposto teórico que o crescimento e o desenvolvimento são processos dinâmicos que ocorrem a partir da co-evolução da tecnologia, da estrutura industrial e das instituições (NELSON, 1998; 2001; CIMOLI; KATZ, 2002).

O progresso técnico é um fenômeno evolutivo, mutante e idiossincrático, e sua materialização ocorre na forma de novos produtos, processos, serviços e novas formas de organização industrial. Embora a capacidade produtiva seja indispensável para a materialização do progresso técnico, o mesmo apenas é conseguido através da P&D e a partir de licenciamento e cooperação entre produtor-usuário, fornecedores e com o sistema de ciência e tecnologia (C&T) a partir de diversos processos de aprendizagem tecnológica. A partir da interação entre as esferas macro-microeconômicas expressas na co-evolução das políticas e mudanças institucionais, econômicas e tecnológicas emergem ou se configuram determinados regimes tecnológicos setoriais que podem ser virtuosos ou viciosos em função dos esforços tecnológicos das empresas; das características dos competidores, fornecedores e clientes, do tipo e cumulatividade do conhecimento, condições de apropriabilidade dos lucros das inovações, do tamanho, estrutura e grau de sofisticação da demanda e da configuração institucional do sistema nacional de inovações.

A heterogeneidade tecnológica e competitiva entre os fabricantes de MF têm como causas básicas os distintos esforços inovativos entre os mesmos, a estrutura e o grau de sofisticação da demanda e usuários, principalmente quanto à preferência revelada destes pela inovação de processo que visam a baixos custos e não as inovações de produto que visariam a liderança e a abertura de novos mercados, e que as quais demandariam MF mais especializadas e complexas. A base teórica de tal hipótese é a consideração da importância da interação intencional entre produtor-usuário para o desenvolvimento de novos bens de capital. (DOSI; PAVITT; SOETE, 1993; LUNDVALL, 1992; ROSENBERG, 2006). As capacidades tecnológicas dos usuários de MF são cruciais às empresas de MF, visto que a sofisticação destes é fundamental para qualidade da interação e o desenvolvimento tecnológico do artefato. Como são os usuários que selecionam as inovações no mercado, os baixos esforços inovativos e as limitadas capacidades tecnológicas dos mesmos operam para manutenção da heterogeneidade e do hiato de tecnologia relativo dos fabricantes de MF em nível internacional. Portanto, o tamanho da demanda, sua estrutura e seu nível de sofisticação também são importantes.

Com o objetivo de investigar a heterogeneidade tecnológica e competitiva do setor de MF no Brasil, o artigo tem 4 seções. Na seção 1 realiza-se uma análise sobre as políticas do PISI que configuraram o ambiente institucional para o crescimento, o desenvolvimento e a heterogeneidade que caracterizam o setor de bens de capital e a indústria brasileira, bem como analisar os objetivos das reformas estruturais com a política de abertura econômica e financeira na década de 1990. Na seção 2 faz-se breve resumo sobre a trajetória do MF e suas condições competitivas, capacidades tecnológicas e a especialização do setor de MF até a década de 1980, buscando realçar as características produtivas e os esforços tecnológicos determinantes do desenvolvimento e a especialização das empresas fabricantes, inclusive para a produção de MF com controle numérico computadorizado (MF/CNC). Na seção 3 faz-se um resumo do seu processo de reestruturação industrial e explica-se o porquê da heterogeneidade tecnológica no setor de MF a partir de sua especialização produtiva e dinâmica tecnológica. Na seção 4 fazem-se as considerações finais.

1 A Dinâmica Institucional do PISI que Configurou a Industrialização Brasileira e a Mudança do Marco Regulatório com as Reformas Estruturais pós-1990

A estratégia de industrialização por substituições de importações vigorou no Brasil do início da década de 1930 ao fim da de 1970, e consistiu em promover o desenvolvimento da economia através do crescimento e diversificação do seu parque industrial a partir de explícitas políticas econômicas e industriais. O Estado regulou intimamente a economia nesse processo e foi seu principal protagonista, de forma direta, através da criação de empresas públicas e, principalmente, de forma indireta, na adoção de normas de câmbio, incentivos tributários, barreiras não tarifárias e criação de marcos regulatórios em diversas áreas do campo econômico.

Durante o período do PISI o Brasil contou com uma política ambígua e contraditória com respeito ao setor de bens de capital: de um lado, com a reserva de mercado proibia a importação de máquinas e equipamentos com similar nacional com elevadas barreiras não tarifárias (lei do similar nacional) e tarifárias para importações desses bens; do outro, facilitava a importação de bens de capital sem similar nacional com benefícios fiscais e facilidades cambiais visando à modernização do parque industrial (ERBER; VERMULM, 1993; NASSIF, 2007). Como resultado, a indústria concentrou-se na produção de bens de capital com menor conteúdo tecnológico relativamente aos importados. Da mesma forma, a partir desse arcabouço regulatório incentivou-se, por um lado, a entrada de empresas estrangeiras em diversos setores industriais (bens de consumo durável e de capital), e, de outro, induzia a entrada de pequenas e médias empresas com excessiva verticalização e baixas economias de escala, associadas, à fragmentação e a alta diversificação da produção no setor de bens de capital. O efeito foi a pulverização dos investimentos e a expansão horizontal dos setores a partir de número excessivo de produtores que prejudicava a eficiência e a incorporação de

novas tecnologias. Entretanto, “essas são críticas não a estratégia em si, mas a sua condução, pois, no geral, a industrialização brasileira por substituição de importações propiciou à economia brasileira um elevado dinamismo durante décadas” (CARNEIRO, 2002, p.312).

Dois casos servem como exemplo da ambiguidade da política industrial para o setor de bens de capital: Plano de Metas (1956-1960) do governo Kubitschek e as “mudanças institucionais” do PAEG (Plano de Ação Econômica do Governo) no primeiro governo do regime militar.

A partir de 1956 com o Plano de Metas assiste-se a criação de diversos incentivos econômicos para o aumento da internalização das empresas estrangeiras através de proteções tarifárias, não tarifárias (reserva de mercado), cambial e outras benesses, como a instrução n. 113 da SUMOC, norma que regula a importação de máquinas e equipamentos sem cobertura cambial pelas subsidiárias das empresas estrangeiras estabelecidas no país¹. A política aduaneira foi também reformulada em 1957, mas “há evidências de que a carga de impostos pagos sobre a importação de bens de capital era bastante reduzida” (BERGSMAN, 1970, p.33-34 *apud* ALMEIDA, 1981, p.389). Da mesma forma, “a política cambial, por seu turno, não parece ter operado de modo a desestimular importações de bens de capital no período, tendo sido a taxa cambial média para essas importações sempre inferior àquela vigente para transações financeiras” (p.389).

Os setores industriais priorizados no Plano foram o automobilístico, material de transporte, mecânica naval, material elétrico pesado, metalurgia de alumínio, metais não-ferrosos, cimento, papel e celulose e produtos da borracha. Não obstante o forte aumento da capacidade produtiva e diversificação da indústria a partir da construção de estágios superiores da pirâmide industrial verticalmente integrada - instituído tacitamente para uma lógica convergente, mas desequilibrada de expansão industrial -, o “Plano de Metas” não aborda explicitamente como conhecimentos técnicos não incorporados e como novas fontes e formas de *know-how* seriam absorvidas (e, acrescenta-se, como criar *know-what* e *know-why*). A inclusão de medidas para facilitar a entrada de empresas estrangeiras e a importação de bens de capital ao mesmo tempo em que se incentivava sua substituição de importações pode ser entendida, em sentido implícito, de que eram as soluções previstas para a absorção de tecnologia².

¹ “As principais indústrias que se beneficiaram desta última medida foram: automobilística, química e bens de capital”. (BERGSMAN, 1970, p.77 *apud* VERSIANI; SUZIGAN, 1990, p.15). Tavares (1986, p.119) afirma que tal instrução normativa (113) em menor medida favorecia a importação de equipamentos pelos empresários nacionais – talvez do metalmeccânica “mais leve” e do de bens de consumo “menos diferenciados” que os estrangeiros.

² “De fato, até então os requisitos tecnológicos dos empreendimentos industriais existentes – em geral, restritos à tecnologia incorporada aos bens de capital utilizados e a conhecimentos técnicos relativamente simples e difundidos – eram supridos através de importação daqueles, das instruções fornecidas por seus fabricantes, do aprendizado das próprias instalações industriais, da consulta à literatura técnica e do treinamento e da formação teórica ministrado pelas escolas de engenharia do País. Tais fontes eram, no entanto, insuficientes do ponto de vista das necessidades derivadas da nova fase de industrialização” (GUIMARÃES; FORD, 1975, p.392). De qualquer forma, como ressaltam os autores, a política que serviu de pilar ao processo de substituição de importações desses bens não trazia implícito o desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira: “na forma que foi conduzido, significava, sobretudo, a redefinição das modalidades predominantes de transferência de tecnologia para o País, reduzindo a importância do aporte externo

O segundo exemplo ilustra as políticas econômica e industrial nos quatro primeiros anos do regime militar na gestão do General Castelo Branco (1964-67), quando se buscava fazer um ajuste conjuntural e estrutural da economia brasileira a partir do quadro do processo inflacionário, desequilíbrio externo e estagnação econômica gerados no Plano de Metas. O período 1968 a 1973, conhecido como “Milagre Econômico” foi condicionado pelas mudanças institucionais do PAEG.

A partir do final do ano de 1966, o Estado, através, da Comissão de Desenvolvimento Industrial (CDI), instituiu um sistema de incentivos que consistiam na isenção ou redução de impostos de importação e demais taxas (IPI, ICM) de máquinas, equipamentos e componentes sem similar nacional, com o objetivo essencialmente de reduzir o custo de capital das empresas e aumentar as exportações. (SUZIGAN, 1978, p.53). Apenas em dezembro de 1970 as isenções de IPI e a depreciação acelerada (para efeitos no imposto de renda) foram estendidas ao comprador de bens de capital nacional. A política industrial tinha elementos em aparente contradição, na medida em que protegia a produção nacional da concorrência externa, mas também estimulava a importação de bens de capital. Para Vermulm (1996, p.21) a “principal proteção era exercida através de mecanismos administrativos, não-tarifários, enquanto que a importação contava com incentivos fiscais. O resultado dessa política é que o setor de bens de capital possuía um coeficiente de importação superior à média da indústria de transformação”. Também na questão da tecnologia, o PAEG sintoniza-se a posição geral do “Plano de Metas”, fazendo explícita referência ao capital estrangeiro como um transportador de *know-how* técnico, pois realçava a necessidade de atrair capital estrangeiro, não apenas devido à sua contribuição para a taxa de investimento e o reforço da capacidade de importar do país, mas, sobretudo por conta de sua contribuição técnica para a modernização da economia brasileira, maior conhecimento tecnológico e aumento da produtividade dos fatores de produção nacionais³. Apenas na década de 1970 as preocupações quanto ao desenvolvimento próprio de tecnologia e a constituição do Sistema de Inovação Brasileiro entraram efetivamente na agenda das políticas públicas. O I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND) (1972-1974) elegeu como grande objetivo a continuidade do crescimento econômico. As diretrizes do I PND quanto à estratégia industrial era o fortalecimento da capacidade competitiva da indústria

de tecnologia incorporada, mas acarretando a intensificação do fluxo de conhecimentos técnicos não incorporados, através da presença de empresas estrangeiras no setor e dos contratos de assistência técnica firmados pelas empresas nacionais” [...] Estas “contavam, principalmente, com duas fontes externas de tecnologias não incorporadas: as empresas de consultoria e as empresas industriais que não dispunham nem pretendiam instalar subsidiárias no País. Para essas últimas, a venda de tecnologia se constituía, muitas vezes, na única alternativa de participação no mercado brasileiro face às restrições às importações, à presença de concorrentes estrangeiras no Brasil e à possibilidade de empresas nacionais se implantarem com *know-how* adquirido em outra fonte”. (p.395).

³ A política de estímulo ao capital estrangeiro tinha em vista um duplo objetivo. De um lado, o ingresso de capital, e neste caso se incluíam os empréstimos e financiamentos. Ao elevar a capacidade de importar, viabilizava a necessária importação de bens de capital e da tecnologia neles incorporada. De outro, o ingresso de capital de risco “facilita-nos, também, maior conhecimento tecnológico, poupando-nos nos dispêndios substanciais em pesquisas [...]. A covivência internacional, através das fontes supridoras de capitais, representa a fórmula mais acessível para que o Brasil se atualize nesse requisito básico do progresso econômico” (PAEG, 1965, p.143 *apud* GUIMARAES; FORD, 1975, p.405).

brasileira, incluindo alguns setores de alta intensidade tecnológica. O plano enfatizava a necessidade de desenvolvimento tecnológico nacional, ao atribuir importância estratégica à indústria de bens de capital, particularmente seu papel na difusão de novas tecnologias para modernização de setores tradicionais e para expansão das exportações de manufaturados também nos segmentos industriais de tecnologia de ponta⁴.

Em verdade a produção nacional e a importação de bens de capital complementavam-se. Os mais sofisticados eram importados enquanto a produção nacional dirigia-se a segmentos de mercado menos exigentes e/ou quando mais exigentes (como as encomendas do Estado) o projeto era licenciado do exterior. Entretanto, não são as importações de bens de capital e a celebração de contratos de licenciamento de tecnologia estrangeira que não permitem a acumulação de capacidades inovativas, mas a capacidade de complementar essa forma de transferência de tecnologia com investimentos internos em P&D, aprendizados diversos a partir de interações produtor-usuário, com fornecedores e com o sistema de C&T⁵. Isso porque as tecnologias físicas podem ser comercializadas no mercado mundial, mas os elementos não incorporados da tecnologia não podem ser adquiridos ou transferidos como os produtos físicos, nem com seus *blueprints*, e os bens devem ser adaptados às condições locais. “Os elementos incorporados só poderão ser usados da melhor maneira possível se forem complementados por diversos elementos tácitos que terão de ser desenvolvidos localmente” (NELSON, 1990 *apud* LALL, 2005, p.28-29).

A ênfase do modelo de industrialização privilegiou a acumulação de capacidade produtiva em prejuízo às questões sobre os problemas relacionados aos aprendizados tecnológicos ativos e intencionais em P&D, entre produtor-usuário e com o sistema de C&T para acumulação de capacidade inovativa. É isso que parece sugerir a análise a partir dos pontos de vista dos padrões tecnológicos da economia estudados por Ferraz (1987), ou das externalidades tecnológicas do tipo

⁴ O detalhamento das diretrizes da política de tecnologia contida no I PND registra-se em um documento separado, o Primeiro Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PNBDCT) para o período 1973-74. Suas disposições apenas aprofundam e dão concreticidade às diretrizes do I PND. Mas sua importância reside na efetiva preocupação com a progressiva implementação do planejamento estatal na área de ciência e tecnologia, “notadamente pelo que representa em reafirmação da preocupação governamental quanto ao desenvolvimento científico e tecnológico do País e em esforço de coordenação e articulação dos diversos segmentos do complexo nacional de ciência e tecnologia [...] o desenvolvimento de tecnologia aplicada ao desenvolvimento social e a atividade de pesquisa fundamental e a pós-graduação” (GUIMARAES; FORD, 1975, p. 418).

⁵ A partir do ano de 1955, o recurso a contratos de licenciamento para transferência de tecnologia também adquire importância crescente, tanto no caso de empresas nacionais como de subsidiárias estrangeiras. Segundo Erber *et alii* (1974), o recurso ao licenciamento representava uma economia de tempo e custos frente à alternativa de efetuar gastos próprios em P&D, como resposta a uma demanda instável para o atendimento das especificações das empresas usuárias, principalmente estatais. Não obstante os contratos de licenciamento levassem a uma maior capacitação tecnológica de produção, não permitiam a criação de capacidades tecnológicas do projeto da máquina ou equipamento, o “*basic design*”. Este tipo de capacidade é criado com P&D, a partir da interação/cooperação produtor-usuário e com o sistema de C&T (ciência e tecnologia). O principal problema identificado nas análises técnicas das instituições governamentais, como a FINEP e IPEA, como também na academia, era que, embora a *engineering* ou capacidade produtiva fosse indispensável à materialização do progresso técnico, este só é conseguido através de P&D. A dependência externa dessas etapas limitaria substancialmente os benefícios que o progresso técnico podia trazer para o desenvolvimento nacional, “pois a orientação do esforço de inovação estaria voltada para condições muito diferentes daqueles vigentes no País” (ERBER; ARAÚJO JR., 1973, p.133).

fraco de relação produtor-usuário de alguns desses setores estudadas por Cassiolato (1992). No período do PISI, embora as firmas do setor de bens de capital (assim como aço, papel e celulose e química/petroquímica) tivessem obtido grande êxito na adaptação e no melhoramento da tecnologia sob licenciamento externo, no entanto, elas não desenvolveram capacidade inovativa. Segundo o autor, a “baixa” ou inexistente capacidade inovativa deve-se à insuficiência do desenvolvimento de externalidades tecnológicas produzida pelo tipo fraco (ou inexistente) de relação produtor-usuário estabelecidas, e restritos investimentos em P&D.

As empresas industriais brasileiras, com poucas exceções, não constituíram capacidade tecnológica e inovativa que as permitisse desenvolver novos produtos e processos, já que o esforço tecnológico acumulado ao longo do PISI limitou-se àquele necessário à produção e da função manufatura, embora um importante, mas pequeno núcleo de empresas realizasse consideráveis atividades de P&D (CASSIOLATO, 2001). A maioria das empresas aprendeu e se capacitou apenas com a prática (*learning-by-doing*) e a utilização dos equipamentos no processo de fabricação (*learning-by-using*) sem que um esforço adicional internos em P&D. A importação de bens de capital e o licenciamento sem o esforço adicional em P&D não permitem a criação de capacidade de desenho ou projetos de produtos, principalmente no setor de bens de capital (ERBER *et alii*, 1974), levando a incapacidade de criar capacidade autônoma de geração de tecnologias e inovação.

A interdependência entre as forças macro-microeconômicas expressas na co-evolução das mudanças institucionais, econômicas e tecnológicas em um ambiente protegido por regime de baixa concorrência externa e entrada livre, embora garantissem altas taxas de investimento e de crescimento econômico no período da ISI ao configurar regimes de incentivos caracterizados por altas oportunidades produtivas, contribuiu para que os esforços de aprendizagem tecnológicos das empresas fossem informais e passivos (não intencionais e informais), e que, quando ativos e formais, ficaram restritos a poucos setores e empresas. Não há dúvida de que as empresas realizaram importantes esforços de aprendizagem no ISI conforme destaca Katz (2005), mas tais esforços foram direcionados para inovações de processo e em menor proporção às inovações de produto, e mesmo quando intencionais tais esforços ficaram restritos a poucos setores e, dentro desses, restrito a poucas empresas, gerando um quadro de grande heterogeneidade tecnológica e competitiva na indústria brasileira (FERRAZ, 1987).

A abertura comercial vivida pelo país a partir do final dos anos 1980 encontrou uma indústria acomodada, sem estímulos para inovação e diferenciação de produtos. Ademais, o paradoxo era uma indústria com forte presença de capital estrangeiro, mas extremamente fechada, com pouquíssima inserção internacional, e a qual, diante da crise, reverteu suas estratégias de expansão no Brasil. As reformas estruturais da década de 1990 consistiram na abertura comercial e financeira para aumentar a inserção externa da economia, a partir da maior contestabilidade real e

potencial na economia e na indústria brasileira através de diminuição do nível e dispersão das tarifas de proteção, mudanças na legislação de patentes, direitos de propriedade e, principalmente, buscando a entrada do investimento externo direto. No novo modelo, a concorrência seria o mecanismo central de estímulo à incorporação de novas tecnologias para sustentar um o círculo virtuoso de aumento da produtividade e salários reais (CARNEIRO, 2002; CIMOLI; KATZ, 2002).

O novo modelo seria uma alternativa radical ao desenvolvimentismo, responsável pela limitada concorrência decorrente do excesso de protecionismo e regulação estatal que garantiam margens de lucro elevada a despeito da baixa produtividade (FRANCO, 1998). A estabilização inflacionária com o Plano Real através das reformas monetária, fiscal e cambial complementaria o quadro para tentar direcionar a economia no virtuoso equilíbrio macroeconômico para o crescimento. Segundo a retórica oficial, o novo regime de incentivos objetivava mover a economia brasileira de um ambiente incerto e intimamente regulado pelo Estado, para um ambiente mais previsível e competitivo, com orientação estatal menor, e que os novos fundamentos da economia – taxas de câmbio e de juros, salários reais, preços relativos – induzissem uma melhora nas expectativas e no “*animal spirits*” empresarial (CIMOLI; KATZ, 2002).

Se a partir da liberalização comercial e a estabilização inflacionária as importações de insumos, componentes, produtos e de bens de capital de alta tecnologia tiveram implicações positivas sobre a estabilização dos preços, ganhos de produtividade, redução de custos operacionais e financeiros, enfim, ganhos de competitividade da produção nacional, por outro lado levou à fragilização dos encadeamentos produtivos e tecnológicos, retração dos gastos em P&D e desmobilização das equipes de engenharia previamente envolvidas com este tipo de atividade.

Os investimentos das empresas visaram reduzir custos a partir do barateamento dos bens de capital importados⁶ de maior sofisticação tecnológica, buscando a racionalização. O processo de reestruturação industrial, principalmente das empresas líderes, foram direcionados para racionalização e modernização organizacional com redução do emprego, buscando a melhoria da qualidade, redução dos custos e o aumento da produtividade através da modernização das plantas. As principais características da reestruturação produtiva foram a desverticalização, a especialização e a flexibilização a partir de estratégias empresariais francamente conservadoras, com o abandono

⁶ Desde o início da década de 1990 com a PICE (Política Industrial e de Comércio Exterior), e também posteriormente entre 1995 a 2002 (BARROS; GOLDENSTEIN, 1998), a política econômica foi norteadada tendo em conta a importância das importações de bens de capital. Os governos dos dois períodos compartilhavam a visão de que embora essas importações fossem dispendiosas no curto prazo em termos de conta corrente com o exterior, ampliando a necessidade de entradas compensatórias na conta capital, elas constituiriam um elemento estratégico para aumentar a produtividade da economia brasileira. Conforme Chudnovsky e Erber (1999, p.584) estas seriam a “condición necesaria y suficiente para, a más largo prazo, ampliar las exportaciones, reducir el déficit en las transacciones corrientes y, simultáneamente, fomentar el crecimiento económico”. Pode-se afirmar também que houve a continuidade dessa política entre 2003 a 2010, pois se continuou igualmente com o regime do “ex-tarifário” para importações de bens de capital. O “ex-tarifário” inverte a relação de força entre compradores e fornecedores que existia no regime de similaridade, pois as máquinas podem ser importadas com tarifa zero se o comprador informa que não existem produtos nacionais similares.

de linhas de produtos com maior conteúdo tecnológico em favor dos mais padronizados, redução dos níveis de integração vertical consubstanciado na substituição da produção local de partes, peças e componentes por importações, ou seja: um processo de substituição de importações às avessas, fenômeno conhecido como “*downgrading*”. De outro lado, promoveu a reorganização e ajustes nos processos, *layouts* de planta, redução das hierarquias e níveis organizacionais e estratégias de especialização setorial e intrasetorial, com ganhos de eficiência produtiva e alocativa e uma maior inserção externa da indústria brasileira. Uma implicação foi a diminuição das relações intersetoriais da economia brasileira, desarticulando o padrão de crescimento fundado no adensamento das relações departamentais. As empresas também negligenciaram esforços orientados para a concepção de novos produtos, P&D e criação de marcas. As mudanças estruturais levaram a modernização da capacidade produtiva das maiores empresas e da estrutura econômica, mas não levaram a um crescimento na capacidade de inovação nem em nível micro nem da economia como um todo (CARNEIRO, 2002; CASTRO, 2001; MIRANDA, 1996).

2 A Trajetória e o Aprendizado Tecnológico do Setor de Máquinas-Ferramenta no Brasil

Embora existam evidências de uma indústria de máquinas e equipamentos no Brasil desde o final do século XIX (MARSON, 2012), a aceleração do PISI na década de 1930 criou as condições propícias ao crescimento de uma indústria de bens de capital no Brasil e, especialmente, da gênese de um setor de MF. Inicialmente os incentivos para a produção de MF foram acionados pela demanda e as necessidades dos setores eletrometal-mecânicos para reparação, manutenção e fabricação de produtos de pouca complexidade nos ramos de bens de consumo não durável, durável e bens de capital (inclusive no nascente setor de MF), e também pelo estancamento da capacidade produtiva da indústria brasileira⁷. A proibição e as precárias possibilidades de importação induziram o aparecimento de gargalos produtivos que geraram necessidades para a especialização da produção de bens de capital, como os tornos mecânicos convencionais, produzidos por empresas da primeira geração de imigrantes que desenvolveram seus produtos a partir da cópia e adaptação de tecnologia estrangeira através de engenharia reversa (VERSIANI; BASTOS, 1982, p.14).

Com o Plano de Metas os setores industriais priorizados usuários de MF foram o automobilístico e bens de capital. Os setores de material de transporte, mecânico e material elétrico

⁷ Três causas ajudam a explicar os incentivos para o início da atividade no Brasil. Em primeiro lugar, a manutenção da renda do setor exportador (cafeeiro) com a desvalorização cambial preservou a renda doméstica e o mercado interno enquanto o crescimento da procura de bens de capital coincidiu com o forte aumento de seus preços de importações, exatamente em um período em que as possibilidades de importações eram as mais precárias possíveis (FURTADO, 2000, p. 211). Em segundo, o decreto n. 19.739 de 07/03/1931 instituído para durar três anos – e que foi prorrogado até março de 1937 – proibia a importação de maquinaria para os setores industriais com capacidade ociosa (têxtil, alimentos, calçados, chapéus) (FONSECA, 2003; VERSIANI; BASTOS, 1982). Esta determinação foi instrumental para induzir um núcleo inicial de fabricantes de MF. Em terceiro, as dificuldades de importações de aço no período da Segunda Guerra estimulou a entrada de empresas e influenciou o desenvolvimento da atividade.

crescessem em média no período entre 1955 a 1959, respectivamente, a 80%, 43% e 38% ao ano⁸ (SERRA, 1983). O aumento da produção de unidades de MF foi de 23% ao ano no período, acompanhado por um forte aumento de importações. Em 1959 o setor de MF participava com 11,6% da produção e 18,6% do emprego da indústria de bens de capital⁹.

As empresas estrangeiras que se instalaram em indústrias caracterizadas pelo emprego de tecnologia mais avançada requereram MF de nível tecnológico. A oferta interna de MF não tinha capacidade de atender essa fração da procura, e as importações cumpriram tal papel. Esse fato acentuou o desnível tecnológico entre a demanda e a oferta interna de MF. Ao mesmo tempo, instalaram-se várias pequenas e médias empresas mecânicas de reparos e manutenção de outros setores, pouco intensivas em capital, cujas exigências de MF quanto à qualidade e produtividade foram atendidas pela produção doméstica, apesar dos modestos padrões tecnológicos prevalecentes, o que explica, pelo menos em parte, o rápido crescimento do setor no período de 1956 a 1961. “Assim, a oferta nacional limitou-se quase que exclusivamente à produção de máquinas universais de menor complexidade e modesta qualidade em relações aos padrões internacionais, com exceção daquelas produzidas pelos fabricantes melhor equipados” (VIDOSSICH, 1974, p.09).

Com a aceleração da inflação a partir de 1958 e o estancamento do crescimento econômico entre 1962 a 1966, a indústria de bens de capital no Brasil decresceu 2,7% a.a. A paulatina ocupação da capacidade ociosa derivada do aumento de produção bens de consumo duráveis a partir de 1967, juntamente as inversões do setor público, estimulou o crescimento do investimento e reativou a procura por bens de capital e bens intermediários. Quanto ao desempenho do setor de MF

⁸ De acordo com sentido dado ao processo de industrialização por essas políticas, ao capital estrangeiro coube predomínio nas indústrias denominadas dinâmicas, tais como, em material de transporte, mecânicos e equipamentos elétricos. Ao lado dos subsídios, o Estado exigiu elevados índices de nacionalização da produção de insumos, peças e componentes das atividades produtivas internalizadas, e realizou investimentos em infraestrutura e na indústria de base de mais longa maturação e de mais lenta rotatividade do capital, que criaram “economias externas” às empresas privadas, como produção e distribuição de energia-elétrica, extração e refino de petróleo, construção de ferrovias e rodovias e produção de aço. Aos investimentos privados estrangeiros e investimentos públicos vieram combinar-se os investimentos privados nacionais nos ramos da indústria tradicionais de bens de consumo não durável, alguns ramos da indústria de bens de capital e da indústria metalmeccânica, os quais se expandiram a partir de relações interindustriais. Como explica Tavares (1986, p.122), “nos novos setores metalmeccânicos que surgem na metade de 1950 acontece [...] uma articulação vertical, ou uma complementaridade entre a grande empresa monopólica de ponta (estrangeiras) e as pequenas e médias empresas nacionais dos ramos metalúrgico e metalmeccânica, que se modernizam e se expandem aproveitando a demanda derivada da grande empresas estrangeira. Aqui não se trata de um oligopólio competitivo, mas de um oligopólio diferenciado, articulado horizontal e verticalmente, que dá lugar a estrutura industrial em estrela, em que cada empresas tem um cordão de pequenas e médias, tanto fornecedoras quanto distribuidoras”.

⁹ Em 1919, segundo estimativas de Bonelli e Façanha (1978), 95% da produção da indústria brasileira de bens de capital se concentravam em material de transportes, enquanto em 1939 esse gênero industrial respondia por aproximadamente 60% da produção e 39% do emprego⁹. Neste ano se registra que o gênero mecânica detinha 21,5% da produção, concentrado no subsetor de fabricação de MF e máquinas agrícolas, que correspondiam, respectivamente, com 6,5% e 6,1% da produção e 13,4% e 13,8% do emprego da indústria de bens de capital no Brasil. A taxa de crescimento real da produção interna dessa indústria entre 1919 a 1939, adicionando a hipótese heroica que os preços relativos permaneceram constantes, foi de 12,4% (p.321). Em 1949 a produção nos segmentos de MF e maquinaria agrícola respondiam, respectivamente, por 11,3% e 5,3% do total, enquanto no emprego chega a 17% e 9,2%. Em 1961 existiam 114 produtores de MF no Brasil, sendo três subsidiárias de empresas estrangeiras, que vieram com a internalização de seus clientes no Brasil, e passaram a produzir MF mais sofisticadas e gradualmente foram nacionalizando parte da produção (CRUZ, 1985; VERSIANI; BASTOS, 1982).

no período de 1962 a 1967, houve grande oscilação da produção e das importações¹⁰. As exportações, que eram incipientes em 1961, atingiram 26% do total de MF produzidas e 13% do valor da produção em 1970. A partir de 1966 a política industrial e a manutenção da reserva de mercado que possibilitavam a importação de partes e componentes e davam incentivos à exportação foram fundamentais para a atração de empresas estrangeiras. Dentre aproximadamente 86 empresas que compunham o setor em 1975, 23 eram de propriedade do capital estrangeiro, sendo 19 alemãs, 4 italianas, 1 japonesa e 1 norte-americana¹¹ (MAGALHÃES, 1976 *apud* TAUILE, 1985, p.685).

As indústrias automobilística e de bens de capital foram os maiores usuários de MF no período do “Milagre”. No caso de máquinas pouco sofisticadas, a demanda foi atendida pela produção nacional, e as importações, seja também em parte e/ou componentes, continuaram atender os segmentos de mercado mais nobres. Aliado à diversificação da oferta doméstica, era reduzida a variedade de tipos e modelos produzidos por uma “multiplicidade de fabricantes que produzem máquinas idênticas ou muito semelhantes, tanto em técnica como em qualidade” (VIDOSSICH, 1974, p.49). Quanto à “variedade tecnológica” de MF encontrada na economia brasileira - como a porcentagem de variedade de MF produzidas e utilizadas no país em relação ao universo de variedades que constitui a oferta internacional -, o autor ressalta o papel das importações de MF¹² para atendimento da procura de tecnologia pela indústria nacional e o hiato tecnológico do parque nacional de MF em 1971

mesmo quando referido ao grau de desenvolvimento dos setores que as utilizam. [...] do universo de tipos e modelos que constituem a oferta mundial de máquinas-ferramenta, apenas uma parcela é requerida pela indústria metalomecânica nacional; contudo, nem mesmo essa parcela tem sido atendida pelos fabricantes nacionais [...]. As importações têm desempenhado excelente papel no sentido de permitir, aos setores utilizadores de máquinas-ferramenta, a incorporação de tecnologia que os fabricantes nacionais não estão aptos a fornecer¹³ (VIDOSSICH 1974, p.59-60).

¹⁰ Na década de 1960, o setor de MF se concentrou e centralizou com aumento tamanho médio das firmas da participação das subsidiárias estrangeiras (TAUILE, 1985). Em 1960 havia 90 empresas no setor de MF, das quais oito ocupavam mais de 100 pessoas e representavam 55,4% do pessoal empregado, sendo que as duas maiores (Romi e Nardini) respondiam em conjunto por 33,4% do pessoal empregado total. O número de emprego médio por empresas passou de 53,1 em 1961 para 109,0 em 1971. Neste ano havia 18 empresas com mais de 100 empregados, enquanto o total de empregos no setor passou de 4.780 em 1961 para 6.646 em 1971 (CRUZ, 1985, p.72).

¹¹ Dentre os principais motivos para o interesse das empresas estrangeiras em instalar filiais e/ou associadas no Brasil, Magalhães (1976, p.17 *apud* Tauile, 1985, p.686) ressalta: i) possibilidades oferecidas pelo mercado brasileiro e dos outros países da ALALC; ii) estabilidade política; iii) salários menores; iv) necessidades de expansão das empresas estrangeiras; e v) incentivos governamentais.

¹² No período iniciado em 1971 até 1974, foi crescente a participação de bens de capital seriados importados, seja como parte ou peça, seja como bens finais. Conforme estimativas de Mazzucchelli (1977 *apud* por TIRONI, 1979, p.31) - na verdade uma superestimativa, pois parte da hipótese de que todas as MF podem ser tomadas como bens seriados -, de um levantamento das importações de bens de capital acumuladas de 1971 a 1974, correspondente a 73% do total das importações, 83% eram importações de MF “seriadas”. Este crescimento das importações de MF seriadas “reflete em geral o estilo de crescimento e diversificação da estrutura produtiva, e mais especificamente, a acentuada expansão da capacidade das grandes empresas internacionais” (TIRONI, 1979, p.31-32), que foram as principais importadoras desse tipo de equipamento, e as maiores importadoras de partes e peças. “Nesse sentido, pode-se afirmar que a indústria internalizou a oferta de um elevado espectro de bens de capital, mas os produz incompletos, dependendo da importação de partes e peças em geral produzidas por série” (p.32).

¹³ Já a amostra das cinco empresas produtoras de MF estudadas por Cruz (1985), entre as quais destacava as empresas Romi, Nardini e Traub, o permitiu afirmar que até o final da década de 1970 o setor cresceu e apresentava maior

Portanto, entre os níveis de sofisticação de tecnologias incorporadas no que tange à oferta nacional e estrangeira e à procura de MF (o mercado internacional de MF, oferta interna, demanda interna, oferta das empresas nacionais e oferta de subsidiárias estrangeiras), coexistiam dois hiatos tecnológicos: primeiro, um hiato entre a tecnologia empregada internamente no país em relação às últimas inovações mundiais (MF/CN/CNC); e segundo, um hiato tecnológico relativo correspondente ao desnível entre demanda interna e oferta interna de tecnologia. Havia grande defasagem temporal entre a mudança na estrutura da demanda e a capacidade tecnológica da oferta de MF porque os “usuários e produtores interagem no Brasil num mercado que é internacionalizado por meio de importações, da produção local feita por subsidiárias de empresas estrangeiras e até pelos padrões de produção internacionais adotados pelos usuários locais” (TAUILE, 1985, p.683). Em meados da década de 1970, o segmento era formado por três faixas distintas de produtores: i) empresas nacionais pequenas e médias, cuja produção, por ser menos sofisticada, se destina aos setores menos dinâmicos da economia; ii) empresas nacionais grandes e médias que produzem máquinas sofisticadas e em grande variedade, que se destinam aos setores mais dinâmicos; iii) empresas estrangeiras que, dadas as suas características e as suas vinculações, dirigem sua produção para os setores de ponta (MAGALHÃES, 1976, p.17 *apud* TAUILE, 1985, p.686).

O crescimento do setor de MF no período do “Milagre” foi prolongado pelos investimentos do II PND, dada as relações interindustriais específicas do segmento, com ganhos de produtividade e aumento do valor dos produtos exportados. Neste período as empresas de MF receberam financiamentos do governo para expansão de capacidade produtiva (CRUZ, 1985).

No início dos anos 1980, o Brasil apresentava uma indústria de bens de capital bem diversificada e sofisticada, porém pouco competitiva em termos internacionais, em decorrência da verticalização excessiva das empresas e insuficientes escala de produção em alguns segmentos. Os segmentos que produziam bens de capital seriados (como caminhões e tratores, por exemplo) eram os mais competitivos. O subsetor de MF também se destacava como competitivo, pelo menos no que tange às empresas que possuíam uma história de aprendizados produtivos e tecnológicos e que buscaram ampliar seus conhecimentos para acompanhar a mudança radical da trajetória tecnológica

especialização e capacitação tecnológica. Destaca que “a especialização das firmas entre tipos de produtos foi reforçada com a instalação das firmas multinacionais, que se dirigiam aos segmentos mais sofisticados do mercado, onde concorrem principalmente com a Romi e a Nardini”. (p.73). Cruz (1985, p.73-74) observa, quando da instalação das novas plantas dessas duas empresas, que o setor iniciou com duas firmas relativamente grandes dentro de um ambiente tecnológico pouco desenvolvido, que, na ausência de fornecedores etc., aumentava o grau de integração vertical. Porém, a organização em multiplantas lhes permitiram a especialização dos processos produtivos e busca de maiores economias de escala. Ademais, Cruz afirma o comportamento tecnológico bastante inovativo e a grande sofisticação tecnológica dessas empresas (Romi, Nardini e Traub). Apesar da aparente contradição entre as constatações de Vidossich e de Cruz, ambos estão corretos, destacando facetas distintas do setor. “Apesar da evolução do setor identificada por Cruz, o hiato ainda era grande entre o nível técnico das máquinas nacionais comparado com o de outras produzidas em países mais desenvolvidos” (ERBER; VERMULM, 1993, p.172).

do setor com as máquinas-ferramenta com controle numérico computadorizado (MF/CNC)¹⁴. No início da década de 1980 o setor ainda era voltado basicamente para o mercado interno, mas tinha alcançando um coeficiente de exportação de 17,4% (CRUZ, 1993, p.31) que se dirigia ao mercado da América Latina, principalmente para o México, Argentina, Peru, Uruguai e Chile (ARAÚJO JR. *et alii*, 1992, p.93), e constituía-se de MF convencionais cujo o preço é fundamental à concorrência.

As empresas nacionais já tinham uma longa trajetória de aprendizagem tecnológica no segmento: primeiramente através das capacidades de projetar e fabricar dos seus fundadores, em geral imigrantes, através da cópia e adaptações por engenharia reversa desde a segunda metade década de 1930. Nesta produziam-se MF convencionais pequenas e na de 1940 começa a produção dessas MF em escala industrial. Num segundo momento, na década de 1960, as empresas começaram a contratar engenheiros, e na década de 1970 as que possuíam estratégias tecnológicas de liderança constituíram seus departamentos de P&D formal, sistematizado e institucionalizando suas atividades inovativas. Entretanto, como a indústria brasileira, o setor era caracterizado por grande heterogeneidade tecnológica e competitiva. Poucas empresas do setor tinham desenvolvido capacidade inovativa. A trajetória de crescimento e aprendizagem tecnológica das empresas líderes nacionais que trabalhavam com economias de escala no segmento de MF seriadas a entrada de empresas estrangeiras com elevado padrão técnico possibilitaram a redução significativa do hiato tecnológico de produto na década de 1970. Para essas empresas nacionais líderes, a acumulação de capacidades tecnológicas se deu basicamente pelo desenvolvimento contínuo e incremental de produto, enquanto que para o desenvolvimento de MF mais complexas a estratégia tecnológica foi o licenciamento no exterior. Notadamente, o *know-how* assimilado pelas empresas do setor foi basicamente através do *learning-by-doing* e *learning-by-using*.

A diminuição dos investimentos público e privado afetou a indústria como um todo, o setor de bens de capital e, especificamente o setor de MF entre 1981 a 1983. Neste período os instrumentos de política industrial foram postos a serviço dos objetivos macros prioritários para poupar divisas e o controle das importações perde o objetivo de fomentar a industrialização. As empresas estrangeiras também reverteram suas estratégias de expansão no Brasil. A crise interna coincidiu com a crise em economias latino-americana, tradicionais importadoras de MF do Brasil. Apesar disso, havia espaço para contornar a crise com a ampliação da produção de MF/CNC a fim de atender a necessidade de modernização dos usuários, principalmente os setores de bens de

¹⁴ Algumas empresas nacionais com maior capacitação tecnológica entraram na produção de MF com controle numérico na década de 1970. A primeira foi produzida pelas Indústrias Romi S.A em 1972, adaptada de uma máquina convencional. Segundo Laplane e Ferreira (1985, p.116) em 1979 “três empresas nacionais (Romi, Nardini e Italbrás) e quatro estrangeiras (Wotan, Index, Heller e Traub) produziam MFCN”. Utilizando dados da Sobracon, Laplane (1990 *apud* ERBER; VERMULM, 1993, p.176) afirma que até 1979 foram produzidas 110 MFCN e importadas outras 274. Estes dados são basicamente iguais os apresentados por Tauile (1985): em 1980 o estoque de MF com controle numérico da indústria de transformação brasileira, especialmente no setor de bens de capital era de 550 máquinas, das quais aproximadamente 23% produzidas no Brasil.

capital, autopeças e automobilística. De fato, registra-se que as empresas líderes que buscavam entrar na nova trajetória tecnológica do setor através de licenciamento aumentaram os investimentos em P&D em relação à receita líquida. Em verdade apenas uma empresa fabricante de MF gastou em 1982 cerca de 80% do gasto em tecnologia do setor (FERRAZ, 1987, p.439).

Foi também nos anos de 1980 que a Secretária Especial de Informática (SEI), conforme objetivo da Política Nacional de Informática, buscou induzir o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de empresas produtoras de equipamentos de automação industrial de base microeletrônica no Brasil através do licenciamento da tecnologia no exterior. O recurso ao licenciamento era a solução “natural” diante do deslocamento da trajetória tecnológica no setor de MF, uma mudança radical com o advento CNC, pois “o novo paradigma representava uma descontinuidade em termos de concepção de produto e processo – conhecimentos que as empresas locais não dispunham nem existiam em outras instituições no país” (ERBER; VERMULM, 1993, p.246). Entretanto, a reserva de mercado para bens de informática teve efeitos contraditórios. Se de um lado estimulava a acumulação de capacidades tecnológicas, de outro pressionava os custos da produção nacional e em médio prazo levava a defasagem das capacidades tecnológicas das empresas com o desenvolvimento célere da microeletrônica em nível mundial¹⁵.

Um dos aspectos mais controvertidos da política de informática na área de automação industrial da SEI é sobre a “eventual competitividade dos produtos produzidos localmente, dado o tamanho reduzido do mercado *vis-à-vis* as escalas mínimas de produção que caracterizam os grandes produtores dos países avançados”¹⁶ (LAPLANE; FERREIRA, 1985, p.112). O preço das MF/CNC nacionais era considerado elevado frente o dos concorrentes internacionais, devido às baixas escalas produtivas e ao maior preço da unidade de CNC. “Comparando os preços dos produtos brasileiros com seus equivalentes estrangeiros, o diferencial cai de 1,94 vez em 1983 para

¹⁵ As possibilidades das firmas em produzir e eventualmente introduzir melhorias em produtos dizia respeito a uma geração tecnológica dada, “mas esses recursos podem não ser suficientes para viabilizar o desenvolvimento de novas gerações de produtos, sem recorrer novamente à transferência de tecnologia do exterior. Uma situação semelhante acontece em outros segmentos protegidos pela Reserva de Mercado instituído pela Política Nacional de Informática, como no caso da indústria brasileira de computadores” (LAPLANE; FERREIRA, 1985, p.135).

¹⁶ “Parece existir consenso a respeito de que o mercado atual não comporta quatro empresas fabricantes (ROMI, DIATUR, DIGICON e MAXITEC + 2 em 1983: MCS Engenharia e Zselicks). O futuro das empresas dependerá, fundamentalmente, de que, no contexto de uma eventual retomada do crescimento, o mercado se expanda rapidamente. O incremento das vendas dependerá, também, de que as empresas fabricantes possam reduzir preços dos seus produtos. Existe nesse caso, um efeito perverso entre o tamanho do mercado e os preços, já que as empresas brasileiras trabalham com escalas reduzidas de produção. O resultado é que o preço dos produtos é superior ao internacional. O sistema SINUMERIK-3 da Siemens, que tinha em 1982, um preço Fob de US\$ 5.000, é vendido por US\$ 15.000 pela MAXITEC. Uma estratégia das empresas para ocupar a capacidade ociosa e aumentar as receitas tem sido a de diversificar suas linhas de fabricação, produzindo outros equipamentos de automação como controladores lógicos programáveis (CLP). (LAPLANE; FERREIRA, 1985, p.121). A Romi foi a única empresa fabricante de MF com projeto aprovado para a fabricação de CNC, a partir de tecnologia adquirida da empresa norte-americana Allen Bradley para fabricação do sistema Mach-3 para tornos, fresadoras e para uso geral de até 8 eixos. O licenciamento previa a capacitação progressiva nas áreas de controle de qualidade, software para CN e, finalmente, hardware eletrônico. (p.120). Já as empresas estrangeiras desenvolveram tais tecnologias a partir do acesso aos conhecimentos de suas matrizes, e focaram na produção de centros de usinagem e máquinas especiais.

1,63 em 1987. O CNC fabricado no Brasil com projeto nacional tem um diferencial de preço menor (aproximadamente 1,46 vez em 1987) do que o fabricado sob licença (2,72 vezes em 1987) [...] em função da introdução de novos modelos” (ERBER; VERMULM, 1993, p.193). Outros fatores que limitavam a competitividade externa era o hiato tecnológico do setor em termos de processo, com baixa utilização de automação tanto de projeto como de fabricação. Mesmo quando possuíam tais equipamentos e rotinas, poucas empresas os utilizavam de forma integrada, como projeto-fabricação CAD/CAM. Deficiências competitivas na cadeia produtiva também limitava a competitividade. Segundo apontava em 1989 o Programa Setorial Integrado para o Setor de Máquinas-Ferramenta elaborado de ABIMAQ-SINDIMAQ, os principais fatores limitativos da competitividade externa da indústria nacional eram os custos de componentes eletrônicos e mecânicos que chegavam a custar cerca de três vezes mais que os importados (ERBER; VERMULM, 1993, p.194). A rede de fornecedores do setor que pouco se desenvolveu também apresentava problemas na qualidade dos produtos e atrasos nos prazos de entrega. A integração vertical das maiores empresas amenizavam esses problemas, mas prejudicavam o nível de especialização devido à excessiva diversificação produtiva e dispersão dos esforços tecnológicos.

A política da SEI na área de automação industrial tinha objetivos e recursos limitados. Em alguns países da área da OECD, a política de automação da manufatura tinha um escopo maior a partir da difusão rápida e ampla de equipamentos de automação eletrônica era mais um instrumento que visava incrementar a competitividade dos setores selecionados. No caso brasileiro, a política de automação industrial tinha um caráter mais restrito, de escopo limitado, e apenas visava a capacitação tecnológica das empresas¹⁷ (LAPLANE; FERREIRA, 1985, p.137). O aperfeiçoamento das MF/CNC protegeu da recessão a indústria de MF nos países desenvolvidos, mas, todavia, ampliou o hiato tecnológico entre estes e os países em desenvolvimento que permaneceram relativamente atrasados com respeito às aplicações da tecnologia microeletrônica na manufatura.

Araújo *et alii* (1992) destaca que o direcionamento progressivo das exportações brasileiras de MF para países desenvolvidos, como EUA, Alemanha, Itália e Canadá, mostra que a indústria realizou um esforço competitivo importante na década de 1980. O crescimento do comércio intraindustrial e a diversificação da pauta e do aumento do preço das exportações refletiam “um

¹⁷ A partir de 1981, a produção de MF/CNC superou a importação dessas máquinas. Em 1985 chegou a representar cerca de 80% das unidades (470) vendidas no país. Em 1985, estima-se que no Brasil operavam 1.600 MF/CNC, sendo mais da metade produzidas no País. “A despeito do crescimento do parque instalado de MFCN, a difusão destas é incipiente” (LAPLANE; FERREIRA, 1985, p.116). Apesar de bem modesto e de baixo ritmo, o padrão de difusão de MFCN/CNC apresentou movimento análogo àquele verificado nas economias avançadas. Devido ao custo mais elevado, sua utilização restringiu-se inicialmente às empresas de grande porte, e, no Brasil, majoritariamente nas empresas estrangeiras, que em 1982 respondiam por 65% das máquinas instaladas, já que possuíam livre acesso aos conhecimentos e tecnologia das matrizes. Com a retomada do crescimento econômico entre 1984-1988 a partir do *drive* exportador e o aparente sucesso do Cruzado, a procura de MF se recuperou, como também a expansão da produção de MF/CNC. Em 1988, cerca de 80% foi atendida pela produção local, que representou aproximadamente 35% das vendas globais. Em 1989, a produção interna de cerca de 1.000 MF/CNC representou 44% das vendas do setor. No final da década haviam sido instaladas cerca de 6.000 MF/CNC no Brasil.

aumento no conteúdo tecnológico do produto exportado, e um fortalecimento do poder de competição externa”. (p.93). No fim da década a produção de MF estava consolidada e com nível tecnológico mais avançado comparativamente a países como Índia, México e Argentina (CRUZ, 1993, p.04). A especialização entre os produtores do setor de MF no início da década de 1990 apresentava-se praticamente a mesma de meados dos anos 1970: as empresas estrangeiras produziam produtos de maior sofisticação, como MF especiais (como prensas) e centros de usinagem e o segmento de MF seriadas a CNC de média sofisticação concorriam empresas nacionais e estrangeiras, enquanto as empresas pequenas e médias nacionais ofertavam produtos menos sofisticados para setores de menor dinamismo.

A expansão da produção e a utilização concentrada de MF/CNC trouxeram maior heterogeneidade tecnológica ao setor. A própria crise da economia brasileira e das finanças públicas na década de 1980 havia constrangido a formação de um mercado de massas e o desenvolvimento do sistema de inovação brasileiro. A emergência das tecnologias de base microeletrônica e a baixa procura dessas tecnologias pelas indústrias mecânicas no Brasil contribuíram para ampliar a heterogeneidade tecnológica entre os fabricantes de MF na medida em que, sendo o mercado pequeno e pouco sofisticado, ademais com a crise, poucas empresas conseguiram entrar na nova trajetória tecnológica. O processo de abertura econômica viria acentuar os desafios competitivos diante dos esforços tecnológicos e produtivos requeridos para fazer frente às determinações evolutivas da trajetória tecnológica e competitivas do setor em nível internacional, com a concorrência em preço e tecnologia, o aumento das economias de escala e especialização e as condições sistêmicas para isonomia competitiva com as importações, tais como: condições de comercialização, financiamento, tributação, taxa de juros e câmbio e política industrial.

3 As Restruturação do Setor de Máquinas-Ferramenta nos anos 1990/2000: Especialização e Dinâmica Inovativa

Sobre as mudanças institucionais para o setor de MF, a reforma comercial e o processo de abertura na primeira metade da década de 1990 eliminaram as restrições não tarifárias (lei do similar nacional) e buscaram a redução das tarifárias e sua dispersão às importações de bens de capital. Na prática, com o ex-tarifário, as máquinas podem ser importadas com tarifa zero se o comprador do bem de capital informa que não existem produtos nacionais similares. Em 1990, a tarifa sobre MF convencionais era de 40% e sobre as MF/CNC de 65%. Em 1996, a tarifa aplicável a todo tipo de máquinas era de 17%, mas foi aumentada para 20% em 1997 em decorrência da crise asiática. Em 2001, a tarifa seria reduzida para 14%, dentro do processo de convergência estabelecido entre os países do MERCOSUL (CHUDNOVSKY; ERBER, 1999, p.589). O regime automotivo como política setorial também teve implicações no setor de MF, pois o complexo

automotivo constitui o principal mercado de MF, principalmente dos produtos mais complexos do ponto de vista tecnológico (p.593). O regime reduziu as tarifas sobre MF (2%), enquanto, ao mesmo tempo, forçou as montadoras de veículos e fabricantes de componentes a manter uma relação entre as compras locais e importações de bens de capital, especialmente MF.

A descontinuidade tecnológica imposta pelo novo paradigma representou uma mudança de caráter definitivo tanto para o desenvolvimento de produto quanto na forma de organizar o processo de produção do artefato. A mudança de paradigma tecnológico envolveu um processo evolutivo configurado em experiências e capacidades particulares para solução de problemas específicos de busca e inovação a partir de novos conhecimentos e aplicações das tecnologias da informação. O desenvolvimento paulatino de MF/CNC transformou as formas de produzir, as quais passaram a permitir associar automação, precisão, integração e flexibilidade dos sistemas produtivos, em que as economias de escopo são uma fonte importante das economias de escala. A mudança de paradigma determinou uma alteração na trajetória e no regime tecnológico do setor aumentando as oportunidades de investimento em novas tecnologias ao mesmo tempo em que o conhecimento base do setor evoluiu para uma maior codificação, complexidade e integração com o conhecimento científico, revigorando as capacidades tecnológicas acumuladas das empresas com o novo conhecimento base mais sistêmico e complexo. Por isso o padrão de concorrência setorial se alterou de forma radical com a necessidade de crescimento das escalas de produção; elevação dos investimentos em P&D; importância crescente da automação e integração microeletrônica no processo de fabricação e desenho; e intensificação da relação com fornecedores e usuários.

Entre os efeitos esperados da abertura, é que ela permitiria a importação de partes, peças e componentes mecânicos e eletrônicos que possibilitaria aumentar a qualidade e o desempenho das MF/CNC, juntamente com a diminuição de seus custos de produção e dos preços. Entretanto, “Los niveles arancelarios de importantes componentes de MH, tales como rodamientos, motores y unidades de CNC, son iguales o superiores a los aplicados sobre o producto final, reduciendo así la protección efectiva para la producción de MH” [...] “Diferencias fiscales con el exterior reducen la competitividad de las máquinas locales frente a sus competidores extranjeros” [...] “El mayor costo de financiamiento para la compra de MH domésticas favorecen a las importaciones” (p. 590). Nestes termos, a abertura expôs o setor à concorrência definida de forma sistêmica. No início da década de 1990, “a crise econômica reduziu as disponibilidades de financiamento, elevou as taxas de juros, elevou a carga fiscal e o câmbio sofreu grande instabilidade com tendência à sobrevalorização” (ERBER; VERMULM, 1993, p.198). Essas condições sistêmicas persistiram nas décadas de 1990 e 2000, com grau menor ou maior grau de intensidade devido a períodos de desvalorização cambial, como entre 1999 a 2003, e/ou melhoria nas condições de comercialização com a queda dos juros da Finame Leasing a partir de 2005 e aumento da procura entre 2003 a 2008.

Porém, em todo o período as taxas de juros reais dos financiamentos no Brasil foram muito superiores às externas, e na maior parte, também, a sobrevalorização da taxa de câmbio real efetiva.

As reformas estruturais e um processo de abertura econômica mau planejado produziram um ambiente altamente seletivo e que operaram, juntamente a mudança do paradigma tecnológico, um processo de reestruturação produtiva que levou a uma concentração de mercado e consolidação dos fabricantes de MF nacionais e estrangeiros que tinham maiores capacidades tecnológicas e financeiras e plantas produtivas favoráveis para o aumento de economias de escala.

O aumento de produtividade, redução de custos, e a ampliação da complexidade e do valor dos produtos oferecidos (melhor relação preço/desempenho) ocorreu de forma mais pronunciada nas empresas líderes¹⁸ através da adoção de mudanças organizacionais com redução de pessoal visando racionalizar a produção; mudanças nos processos produtivos destinadas a reduzir custos; programas de qualidade e produtividade e novas rotinas ligadas à procedimentos, controles e boas práticas de gestão; redução dos níveis administrativos e a centralização das atividades de projeto; crescente importância da automação microeletrônica no processo de fabricação e desenho; processos *just-in-time*; células de produção; e aumento da aquisição de partes e componentes.

A trajetória do setor de MF nas ultimas três décadas foi em direção à concentração e consolidação tecnológica das companhias líderes, estrangeiras e nacionais, que têm capacidades adquiridas em P&D e investem constantemente em inovação. As informações disponíveis indicam que as empresas líderes atendem a maior parte do mercado interno e quase a totalidade das exportações. Para essas companhias, a combinação de investimento em P&D, licenciamento e desenvolvimento próprio de tecnologia revela constituir estratégia tecnológica consistente de crescimento em longo prazo. Essa seria a estratégia competitiva das empresas classificadas como “líderes” por Erber e Vermulm (1993) e Vermulm (1996). Mesmo assim, continua a diferença de segmentos de mercados atendidos pelas empresas estrangeiras e empresas líderes nacionais. Os fabricantes de MF estrangeiros focam na produção de máquinas de estação múltipla e centros de usinagem para as corporações multinacionais, enquanto as companhias locais produzem tornos CNC e centros de torneamento e de usinagem para empresas locais.

¹⁸ As “transformaciones de proceso tendieron a ser introducidas de forma más radical en las líderes del sector, muchas de las cuales cuentan con certificados ISO de la serie 9000. Entre las líderes, las subsidiarias están conectadas a sus matrices por vía electrónica, inclusive para el desarrollo de proyectos de máquinas, mientras que la firma líder nacional, la cual produce máquinas seriadas, concentra su producción en un número menor de líneas, logrando economizar recursos, fabricando sus máquinas en escala internacional (CHUDNOVSKY; ERBER, 1999, p.599). A empresa líder nacional, Romi, faturou por ano entre 1995 e 1997, em média, cerca de 1.300 tornos CNC, o que já representava mais que o dobro da escala mínima internacional. Entre 1990 a 1994 registra-se a tendência de ampliação da participação das MF/CNC produzidas pelo setor de MF, de 10% para 24% do total de máquinas produzidas, enquanto em valor de produção passaram de 45% para 54%. A Nardini, empresa fundada em 1908, hoje parte do grupo DebMq do Brasil LTDA, que disputava a liderança na produção de tornos convencionais e a CNC com a Romi, entrou em dificuldades por um conjunto de motivos. As exportações da Nardini tinham sido muito afetadas pela crise e retração do mercado mexicano no início dos anos 1980. A Empresa também demorou para entrar no paradigma eletrônico. Problemas no mercado interno até 1997 haviam agravado sua situação, enquanto suas exportações foram direcionadas para os EUA, e entre 1995 e 1996, cerca de metade delas eram de MF/CNC.

O grupo de empresas mais afetado pela liberalização comercial foi o de fabricantes de menor porte de bens seriados, cuja escala não seria econômica frente à diversificação da produção, e entre fabricantes de bens de nível médio de complexidade, produzidos por lotes, cujo *mix* preço/desempenho não seria competitivo face às importações. Outras empresas deixaram a indústria ou viraram fornecedores, representantes, etc., por várias causas: o baixo crescimento econômico e nível insuficiente de investimentos na década de 1990; entraram tardiamente no paradigma eletrônico; alta diversificação produtiva e/ou porque possuíam baixas escalas para produção e por problemas financeiros. Estas empresas tinham menores capacidades acumuladas de P&D. Algumas dessas empresas buscaram realizar inovações de processos e mudanças organizacionais visando diminuir custos, infelizmente insuficientes frente à competição com as importações e o novo regime de concorrência. Erber e Vermulm (1993) e Vermulm (1996) caracterizavam as estratégias competitivas dessas empresas como de “caudatária” e/ou “sobrevivência passiva”.

Em um terceiro grupo de fabricantes de MF convencionais por deformação operam diversas pequenas empresas nacionais. Este grupo foi aparentemente menos afetado pela abertura econômica e pela mudança radical da trajetória tecnológica do setor, provavelmente porque a transformação tecnológica neste segmento foi menor, e porque seus produtos se dirigem a nichos de mercado pouco exigentes, onde a concorrência das importações não se fez sentir intensamente.

Portanto, as empresas com mais conhecimentos acumulados e maior capacidade financeira se sobressaíram nos ganhos de produtividade e competitividade através da especialização, maior escala da produção e volume de faturamento. De forma geral, essas empresas do setor passaram por um processo de especialização, concentrando a produção em um número menor de famílias de MF de melhor qualidade com maior conteúdo tecnológico e menores preços, complementado a oferta a partir de importações e licenciamento. A especialização e as exportações foram ao encontro da relação de complementaridade através do comércio internacional nos tipos de produtos como prensas, centros de usinagem e tornos a CNC¹⁹.

¹⁹ Todas as posições ou grupos de MF de produtos (tendo como base os códigos e classificação de MF segundo o Sistema Harmonizado da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) à 4 dígitos) apresentaram importações líquidas entre a média dos anos desde o início da década de 1989/1990 até 2005/2006. Neste período ocorreram modificações substanciais na estrutura das exportações brasileiras de MF. Em 1989/1990 cerca de dois terços das exportações consistiam de tornos, a maioria convencionais. A partir de 1992/1993 as exportações de MF por deformação cresceram em relação ao biênio 1989/1990, passando de cerca de 13% em 1989/1990 para cerca de 50% das MF nos biênios médios seguintes. Registra-se também o aumento das exportações de centros de usinagem, quando chegaram a representar em valor US\$ 48.921 milhões em média entre 2003/2004, aproximadamente de 35% do total exportado. As exportações de tornos a CNC ultrapassa as de tornos convencionais em 1994, e já em 1995/1996 esses produtos representam cerca de 68% da categoria e, entre 2002 a 2006, cerca de 83%. As exportações brasileiras (médias dos anos de 2002, 2003, 2004, 2005, 2006) se destinaram para a Europa, 44,7%, principalmente para a Alemanha, 25,9%, país de origem das empresas que têm filiais no Brasil. Os EUA respondem por 19%, a América Latina, 18% (principalmente o México, 10,5%, e Argentina, 3,7%), enquanto para a China as exportações corresponderam a 9,9%. As exportações para a Alemanha estão concentradas em centros de usinagem, tornos a CNC e outras MF por deformação, enquanto para os EUA se concentram em tornos a CNC, prensas e MF retificadoras, etc. e centros de usinagem. A estrutura das importações de MF também sofreu modificações, homologa as modificações na estrutura das exportações, mas pode-se observar que as importações sempre foram menos concentradas que as exportações, o que reflete, entre outras

O melhor desempenho das empresas que investiram na acumulação de capacidades tecnológicas do paradigma mecânico e realizaram esforços significativos para o desenvolvimento e produção do controle numérico e MF/CNC não apenas entraram, mas conseguiram permanecer na nova trajetória tecnológica. O melhor desempenho competitivo das empresas que realizaram esforços tecnológicos e aprendizado em P&D antes e após a abertura confirma a hipótese da teoria neoschumpeteriana, de que a cumulatividade do conhecimento das empresas através de seus processos de aprendizados de busca, desenvolvimento e inovação lhes abastece de capacidades dinâmicas para enfrentarem um regime tecnológico em evolução.

O novo regime competitivo com a abertura econômica favoreceu os usuários de MF, pois diante da diversidade de tipos de máquinas no mercado mundial e um melhor fluxo de informações entre preço/qualidade/desempenho e possibilidades de importações, há um aumento do grau de liberdade para escolha do equipamento. A abertura econômica e o processo de reestruturação das empresas buscando a eficiência produtiva levaram a uma convergência de preços dos produtos, mas ainda é perceptível o hiato tecnológico doméstico tendo em conta o setor em nível internacional. O hiato tecnológico tendeu a persistir depois da abertura e a heterogeneidade tecnológica e competitiva no setor de MF tendeu a aumentar.

A heterogeneidade competitiva tem como causa básica a heterogeneidade tecnológica quanto aos distintos esforços inovativos e aprendizados em tecnologia empreendidos tanto entre fabricantes quanto usuários de MF. Compradores nacionais sofisticados de bens de capital podem ter uma forte influência nos padrões de inovação, dado o papel importante no desenvolvimento, experimentação e modificação desses bens que possibilita fluxos de informações, conhecimentos tácitos e habilidades. Portanto, não apenas o tamanho da demanda é importante conforme Smith (1776), mas também sua estrutura e seu nível de sofisticação. Como a estrutura da demanda e as capacidades tecnológicas dos usuários são cruciais às empresas de MF, a estrutura do mercado e o desempenho tecnológico dos fabricantes de MF são gerados de maneira endógena por três grupos de determinantes fundamentais: as fontes e a natureza das oportunidades tecnológicas; a natureza dos requerimentos dos usuários e dos mercados reais e potenciais e a capacidade das empresas para apropriarem dos lucros da inversão privada em P&D (DOSI; PAVITT; SOETE, 1993, p.106).

Informações da PINTEC (2005) sobre a taxa e os tipos de inovação na indústria de transformação e em setores selecionados que possivelmente representam a maior proporção dos setores demandantes de MF revelam que as empresas realizam mais inovação de processo do que

características, o grau de desenvolvimento da oferta nacional. Embora as importações de todos os grupos de produtos apresentem aumento em valor, os que mais se destacam entre a proporção do total são os grupos: as prensas, os centros de usinagem (que dobram sua importância na pauta entre 1989/1990 e 2005/2006), os tornos CNC e MF retificadoras e brunidoras. As importações brasileiras (médias dos anos de 2002, 2003, 2004, 2005, 2006) têm como origem principalmente os países desenvolvidos, notadamente a Alemanha, 24,6%, Japão, 16,5%, Itália, 14,5%, EUA, 9,0%, Suíça, 7,9% e Espanha 4,3%.

produto, e têm preferência à tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos ao invés de investimentos em atividades em P&D²⁰. A preferência às inovações de processo visa à redução de custo e o aumento de eficiência produtiva associada à aquisição de bens de capital e a modernização de planta produtiva. O reduzido esforço da indústria brasileira em P&D faz com que as empresas tenham um conhecimento parcial de seus próprios processos produtivos e limitadas capacidades inovativas para melhorar e adaptar a tecnologia às suas necessidades e a tendência da demanda.

A estrutura da demanda de MF no Brasil, majoritariamente, é composta por setores caracterizados como de média-alta intensidade tecnológica, principalmente do complexo eletrometal-mecânico. Pode-se inferir que uma proporção de empresas inovadoras dos seguintes setores demandam MF mais sofisticadas: automobilística, aeronáutica, e fabricantes de equipamentos médicos e instrumentos de precisão, e por outros “fornecedores especializados” líderes do setor de bens de capital (que investem em P&D de diferenciam produtos), e fabricantes líderes de bens de consumo durável, sejam mecânico, elétrico e de equipamentos de transporte. Chega-se a essa conclusão a partir da categorização das empresas por estratégia competitiva²¹. Registra-se que os complexos mecânico, de material de transporte e material elétrico correspondem

²⁰ Os gastos em atividades inovativas da indústria de transformação em 2005 foram de cerca de 2,8% da receita líquida de vendas (RLV): o P&D foi de 0,66% da RLV, a aquisição de máquinas e equipamentos somaram 1,3%, e outros gastos em atividades inovativas representaram 0,8% da RLV. Portanto, a distribuição dos gastos inovativos da indústria de transformação em 2005 foi de 23,5% em P&D, 48% em máquinas e equipamentos, e em outros gastos, 28,5%, com destaque neste último para o projeto industrial. Da mesma forma, da totalidade da indústria de transformação em 2005, aproximadamente 27% das empresas realizaram inovação de processo, e pouco menos que 20% realizaram inovação de produto. As empresas inovadoras dos setores fabricação de produtos de metal, fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos e fabricação e montagem de veículos automotores, etc. também realizaram mais inovações de processo que de produto e gastaram proporcionalmente mais em aquisição de máquinas e equipamentos do que em P&D, sem exceção. Uma ampliação do setor de fabricação e montagem de veículos automotores, caminhões, peças etc., em três subsetores revela que os gastos em P&D e aquisição de máquinas e equipamentos, respectivamente, foram em 2005: 33,2% e 34,5% para fabricação de automóveis, camionetes, caminhões, etc.; 19,1% e 32,1% para fabricação de cabines, carrocerias e recondicionamento de motores; e 15,7% e 68,4% para fabricação de peças e acessórios para veículos. Já os fabricantes inovadores de máquinas e equipamentos (o setor de bens de capital) – que juntamente aos setores citados são supostamente usuários de MF, cerca de 83% - realizaram mais inovações de produto que inovações de processo; mas também concentrou, em 2005, maior atividade inovativa na aquisição de máquinas e equipamentos, 43,6%, do que em P&D, 13,3%.

²¹ A categorização das empresas, do ponto de vista empírico, tendo em conta suas estratégias competitivas e seus padrões de esforços tecnológicos traduzem-se em três grupos (DE NEGRI, SALERNO; CASTRO, 2005, p.07-08): a) “Firmas que inovam e diferenciam produtos – são aquelas que realizam inovações de produtos para o mercado e obtiveram preço prêmio acima de 30% nas suas exportações quando comparadas com as demais empresas exportadoras do mesmo produto. Nesse grupo estão incluídas, portanto, as firmas que adotam estratégias competitivas mais vantajosas, tendendo a criar mais valor, e compõem o segmento mais dinâmico, e que tende a capturar parcela maior da renda gerada pela indústria”; b) “Firmas especializadas em produtos padronizados – cuja estratégia competitiva impõe que o foco de sua atuação seja a redução de custos, em vez da criação de valor da categoria anterior. São consideradas, aqui, as firmas exportadoras não incluídas na categoria anterior e as não exportadoras que apresentam eficiência igual ou maior do que as firmas que exportam nesta categoria. Tendem a ser atualizadas do ponto de vista de características operacionais como fabricação, gestão da produção, gestão de qualidade de conformação e logística, que são imperativos para sustentação de custos relativamente mais baixos, mas na média estão defasadas, relativamente à categoria anterior, no que se refere a outras armas da competição, como P&D, *marketing* e gerenciamento de marcas”; c) “Firmas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor – demais firmas que não pertencem às categorias anteriores. Grosso modo engloba empresas tipicamente não exportadoras, menores, que podem, inclusive, inovar mas são menos eficientes nos mais variados sentidos, que se mostram capazes de captar espaços em mercados menos dinâmicos através de baixos preços e outras possíveis vantagens”.

a cerca de 42% das empresas que inovam e diferenciam produtos, cerca de 390 empresas que empregaram 270.000 pessoas em 2000²²; outras 17% das empresas desses setores são classificadas como especializadas em produtos padronizados, cerca de 1.540 firmas que empregaram 280.000 pessoas; enquanto isso, 8% das empresas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor eram dos setores em análise e constituíam um total de 1.170 empresas que empregaram aproximadamente 92.000 pessoas, 38% das firmas do referido complexo e 15% do pessoal ocupado.

Pode-se inferir que as empresas que inovam e diferenciam produtos importam MF de conteúdo tecnológico elevado e/ou interação com fabricantes estrangeiros a partir de encomendas de MF especiais, enquanto as empresa especializadas em produtos padronizados, a maior parte dos usuários, utilizam MF de média sofisticação. Portanto, a maior parte da produção, exportação e consumo nacional de MF é de conteúdo tecnológico intermediário, especialização produtiva que reflete a estrutura da demanda e as exigências dos usuários locais/nacionais, que demandam, em sua maioria, produtos de *mix* tecnologia e preço. Como as economias de escala são muito importantes para a produção seriada, os mercados interno e externo se complementam e a especialização é endógena como Dosi, Pavitt e Soete (1993) e Malerba (2002) salientam. Entretanto, há um grande desnível de esforços tecnológicos e estratégias competitivas entre as empresas dos setores do complexo eletrometal-mecânico, e da mesma forma, da indústria de transformação brasileira como um todo, marcados por uma grande heterogeneidade setorial e intrasetorial. As empresas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor demandam MF de baixa sofisticação, fato que ajuda explicar o porquê dos baixos esforços tecnológicos em P&D das empresas com estratégias imitativas e dependentes, ou estratégias “caudatária” e/ou “sobrevivência passiva” (ERBER; VERMULM, 1993), que também se concentram nas inovações de processo e na aquisição de novas MFs para competir também possivelmente via preço. Como os usuários também gastam mais em atividades inovativas relacionadas à absorção de conhecimento incorporado visando à inovação de processo, deparamos com um círculo pouco virtuoso para a inovação sistêmica.

Portanto, a análise da dinâmica inovativa mostra que a oferta e demanda de MF são fragmentadas e os esforços inovativos e capacidades tecnológicas para o empreendimento de inovações tanto entre os fabricantes como entre os usuários são heterogêneos. Pode-se inferir que as empresas líderes que cooperam e investem em P&D, e empresas estrangeiras que buscam conhecimento das matrizes, sejam as mais agressivas em suas estratégias inovativas e as mais competitivas do setor, pois possuem capacidades para aperfeiçoar e adaptar a tecnologia aos recursos disponíveis e aos mercados internos e externos visados. Por outro, nas empresas “imitadoras”, o processo de inovação vem através da cópia dos produtos e das tecnologias de outras

²² Cálculos de número de trabalhadores feitos a partir da Tabela 1, páginas 262 e 263, de Kupfer e Rocha (2005).

empresas, sem a realização de atividade rotineira de P&D. Com efeito, estas empresas não desenvolvem capacidades e habilidades para acompanhar de perto a dinâmica tecnológica do setor.

4 Considerações Finais

Da perspectiva do usuário, a análise sugere que os distintos esforços inovativos entre as empresas do setor de MF encontram sua contrapartida em nível da estrutura da demanda e também nos esforços para inovar dos usuários. Por isso, há uma fragmentação em termos de dinâmica da inovação e produção em nível setorial, e a reprodução de um sistema inovativo que encontra sua correspondência na fragmentação da demanda e no grau de sofisticação do usuário. Nestes termos, a heterogeneidade tecnológica e competitiva entre os fabricantes de MF tem como causas básicas não apenas os distintos esforços inovativos entre os mesmos, mas também os baixos esforços dos demandantes de MF, principalmente quanto à preferência revelada destes para inovação de processo que visam a baixos custos e não as inovações de produto que visariam à liderança e à abertura de novos mercados, que demandariam MF mais especializadas e complexas. Como em última instância são os usuários que selecionam as inovações no mercado, os baixos esforços inovativos para acumulação de capacidades tecnológicas dos mesmos operam para manutenção da heterogeneidade e do hiato tecnológico relativo em nível internacional dos fabricantes de MF no Brasil, mesmo daqueles que continuam sendo competitivos nos segmentos de mercado em que atuam. Adicionalmente, a dinâmica institucional do período do PISI ajudou a configurar e propagar a heterogeneidade estrutural que caracteriza o setor, a indústria e a economia brasileira.

5 Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. L. A indústria de bens de capital no período 1956-78: uma síntese das evidências. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, n.35, p.387-422, out./dez., 1981.
- ARAÚJO JR., J.; CORREIA, P.; CASTILHO, M. Oportunidades estratégicas da indústria brasileira na década de 1990. In: VELLOSO, J. P. R. (Org.). **Estratégia industrial e retomada do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1992.
- BARROS, J. R. M.; GOLDENSTEIN, L. Avaliação do processo de reestruturação industrial brasileiro. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.17, n.2, abr./jun. 1997.
- BONELLI, R.; FAÇANHA, L. O. A indústria de bens de capital no Brasil: desenvolvimento, problemas e perspectivas. In: Suzigan, W. (Ed.). **Indústria: política, instituições e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: IPEA, série monográfica, 1978, p.309-372.
- CARNEIRO, R. **Desenvolvimento em crise: a economia brasileira no último quarto do século XX**. São Paulo: Editora UNESP (FEU), 2002.
- CASSIOLATO, J. E. The role of user-producer relations in innovation and diffusion of new technologies: lessons from Brazil. Tese (Doutorado em Economia) - Science Policy Research Unit, University of Sussex. 1992.
- CASSIOLATO, J. E. Que futuro para a indústria brasileira? In: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Tecnologia Industrial. Confederação

- Nacional da Indústria. Instituto Euvaldo Lodi. **O futuro da indústria: oportunidades e desafios.** A reflexão da universidade. Brasília, 2001, p. 9-47.
- CHUDNOVSKY, D.; ERBER, F. E. El impacto del MERCOSUR sobre la dinámica del sector de maquinas-herramienta. In: TACCONI, J. J.; GARAY, L. J. (Ed.). **Impacto sectorial de la integración en el MERCOSUR.** Buenos Aires: BID/INTAL, 1999, p. 573-667.
- CRUZ, H. N. **Mudança tecnológica no setor metal-mecânico do Brasil: resultados de estudos de caso.** Tese (Livre-Docência em Economia) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985. Publicação do Instituto de Pesquisa Econômica.
- CRUZ, H. N. **Competitividade da indústria de máquinas-ferramenta.** Estudo da competitividade da indústria brasileira. Campinas: MCT/FINEP/PADCT/IE-UNICAMP, 1993. (Nota técnica setorial).
- DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S.; CASTRO, A. B. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. In: DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras.** Brasília: IPEA, 2005, p.5-46.
- DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. **La Economía del Cambio Técnico y el Comercio Internacional.** Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México: Miguel Ángel Porrúa, 1993.
- ERBER, F. S.; ARAÚJO JUNIOR, J. T. Notas sobre a indústria brasileira de bens de capital: tecnologia e o setor público. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, mar. 1973.
- ERBER, F. S. (Coord.) *et alii*. **Absorção e criação de tecnologia na indústria de bens de capital.** Rio de Janeiro: Arte Moderna, 1974. (FINEP Série Pesquisas n.2).
- ERBER, F. S.; VERMULM, R. **Ajuste estrutural e estratégias empresariais.** Rio de Janeiro: IPEA, 1993. (Série IPEA, 144).
- FERRAZ, J. C. O desempenho tecnológico da indústria brasileira: padrão de maturação e seus determinantes. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.17, p.437-456, ago. 1987.
- FERRAZ, J. C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria.** Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- FONSECA, P. C. D. Sobre a intencionalidade da política industrializante no Brasil na década de 1930. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.23, n.1, p.133-148, jan./mar. 2003.
- FRANCO, G. Inserção externa e o desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.8, n.3, p.121-147, jul./set., 1998.
- FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil.** São Paulo: Editora Nacional/Publifolha, 2000.
- GUIMARÃES, E. A.; FORD, E. M. Ciência e tecnologia nos planos de desenvolvimento: 1956/73. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.5, n.2, p.385-432, dez., 1975.
- KATZ, Jorge. A dinâmica do aprendizado tecnológico no período de substituição de importações e as recentes mudanças estruturais no setor industrial da Argentina, Brasil e México. In: KIM, L. (Org.); NELSON, R. (Org.). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2005, p.413-448.
- KUPFER, D.; ROCHA, F. Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras. In: DE NEGRI, J. A. (Org.); SALERNO, M. S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras.** Brasília: IPEA, 2005, p.253-297.
- LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L. (Org.); NELSON, R. (Org.). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2005, p.25-99.

- LAPLANE, M. F.; FERREIRA, C. K. L. **A indústria brasileira de bens de capital**. Versão final do relatório setorial do convênio UNICAMP-IE. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. Conselho Estadual de Política Industrial, Comercial e Agroindustrial, 1985. (Diagnóstico setorial).
- LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.
- MALERBA, F. Sectoral Systems and Innovation and Technology Policy. Paper apresentado no Workshop “**Frontiers of Innovation Research and Policy**”. Instituto de Economia/UFRJ e Institute of Innovation University of Manchester. Rio de Janeiro, setembro de 2002.
- MIRANDA, J. C. Reestructuración industrial en un contexto de inestabilidad macroeconómica. El caso de Brasil. In: KATZ, J. (Ed.). **Estabilización macroeconómica, reforma estructural y comportamiento industrial: estructura y funcionamiento del sector manufacturero latinoamericano en los años 90**. Buenos Aires: CEPAL/IDRC/Alianza Editorial, 1996, p.163-190.
- MARSON, M. D. Origens e evolução da indústria de máquinas e equipamentos em São Paulo, 1870-1960. Tese (Doutorado em Economia), Universidade de São Paulo, 2012.
- NASSIF, A. Estrutura e competitividade da Indústria de bens de Capital Brasileira. **Texto para Discussão BNDES nº109**. Rio de Janeiro, ago. 2007.
- NELSON, R. The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. In: DOSI, G. (Ed.); TEECE, D. J. (Ed.); CHYTRY, J. (Ed.). **Technology, organizations, and competitiveness: perspectives on industrial and corporate change**. London: Oxford University Press, 1998, p. 319-335.
- NELSON, R. The coevolution of technology and institutions as the driver of economic growth. In: FOSTER, J.; METCALFE, J. E. (Eds.). **Frontiers of Evolutionary Economics: Competition, Self-Organization and Innovation Policy**. Cheltenham: Edward Elgar, 2001, p.19-40.
- ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2006. (Clássicos da Inovação).
- SERRA, J. Ciclos e Mudanças Estruturais na Economia Brasileira do Pós-Guerra. In: BELLUZZO, L. G. M.; COUTINHO, R.(Org.) **Desenvolvimento Capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise**. Campinas: IE/UNICAMP, v.1, 2 ed., p. 56-121, 1983.
- SUZIGAN, W. Política industrial no Brasil. In: Suzigan, W. (Ed.). **Indústria: política, instituições e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: IPEA, série monográfica, 1978, p.35-97.
- TAUILE, J. R. A difusão de máquinas-ferramentas com controle numérico no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.15, n.3, p.681-704, dez. 1985.
- TAVARES, M. C. **Acumulação de capital e industrialização no Brasil**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1986.
- TIRONI, L. F. **Política econômica e desenvolvimento tecnológico – diversificação ou especialização no setor de bens de capital sob encomenda**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1979.
- VERMULM, R. Estratégias Empresariais nos Anos 80: O setor de Máquinas-Ferramenta. **Cadernos de Gestão Tecnológica 30**, Fundação Instituto de Administração-FIA/CYTED, 1996.
- VERSIANI, F. R.; BASTOS, V. L. The brazilian machine-tool industry: patterns of technological transfer and the role of the government. International Development Research Centre. Science and Technology Policy Instruments. Manuscript Report. **Background Paper** Ottawa, n.4, p 1-36, aug. 1982.
- VERSIANI, F. R.; SUZIGAN, W. O processo brasileiro de industrialização: uma visão geral. In: X CONGRESSO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA ECONÔMICA, 10., 1990. **Anais...** Louvain, 1990.
- VIDOSSICH, F. **A indústria de máquinas-ferramenta no Brasil**. Brasília: IPEA, 1974.