

O desempenho tecnológico da indústria brasileira: padrão de maturação e seus determinantes *

JOÃO CARLOS FERRAZ **

O artigo propõe um esquema analítico com a finalidade de ordenar a heterogeneidade tecnológica hoje existente na indústria brasileira. De modo exploratório, e a partir de um conjunto de evidências recentes, o processo de desenvolvimento tecnológico é diferenciado em certos estágios de crescente maturação. Além disso, são identificadas as direções das influências exercidas por certos fatores determinantes sobre a situação observada. Apesar da necessidade de melhor testar o esquema proposto, pode-se adiantar que, no processo de formulação de políticas públicas, deveriam ser explicitamente reconhecidas as necessidades diferenciadas do setor produtivo, às quais corresponderiam ações também diferenciadas.

1 — Introdução

O objetivo deste trabalho é tentar ordenar e qualificar a aparente heterogeneidade tecnológica da indústria brasileira e identificar os determinantes da situação observada. Esta é uma tarefa extremamente complexa, já que a mensuração de “tecnologia”, “desenvolvimento tecnológico”, “progresso técnico” ou “desempenho tecnológico”, pela falta de instrumental técnico e analítico consistente, ainda é efetuada de maneira precária (indicadores de ciência e tecnologia são, intrinsecamente, frágeis). Por outro lado, devido à falta de demanda e interesse, o país ainda não implantou de forma sistemática nem mesmo um conjunto mínimo dos indicadores utilizados internacionalmente.

* Este artigo derivou-se de um projeto de pesquisa sobre indicadores de desempenho tecnológico, coordenado pelo autor dentro do Núcleo de Estudos da Fundação de Tecnologia Industrial. Este projeto é parte do Subprograma de Estudos para Formulação de Política em Tecnologia Industrial Básica, do PADCT, que foi financiado pela Secretaria de Tecnologia Industrial do MIC. As idéias aqui esboçadas são fruto de discussão intensa com a equipe realizadora do projeto. O autor agradece as sugestões apontadas por dois pareceristas anônimos, reservando para si toda a responsabilidade por este artigo.

** Do Instituto de Economia Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IEI/UFRJ).

No entanto, podem ser apontadas algumas das características mais aparentes do progresso técnico, que é um fenômeno evolutivo, mutante e específico ao ambiente e situação onde ocorre. Sua cristalização se dá na forma de produtos, processos ou formas de organização, no ambiente da produção, no universo da firma. A capacitação tecnológica de países em desenvolvimento é extremamente frágil; a fonte básica de tecnologia é externa à economia, e a mudança técnica mais freqüente é do tipo incremental. Acima de tudo, deve ficar claro que o processo de desenvolvimento tecnológico não é automático e requer investimentos explícitos com alto grau de incerteza quanto aos resultados. Estas características vão de encontro à corrente de pensamento neoclássica e à estratégia de industrialização desenvolvimentista (exemplo: CEPAL), que não incluíram estes aspectos em sua agenda de preocupações e recomendações.

Depois de uma série de ondas de substituição de importações, cada vez de natureza tecnológica mais complexa (bens de consumo não-duráveis, bens de consumo duráveis, bens intermediários, bens de capital), o Brasil possui hoje uma base industrial bastante sofisticada. No entanto, esta estratégia de industrialização privilegiou os aspectos relacionados com a dotação de fatores, em detrimento dos problemas concernentes à absorção de tecnologia importada e à utilização dos fatores de produção.

Deste modo, pouco se conhece a respeito das seguintes questões: qual é o grau de eficiência técnica do sistema industrial?; qual deve ser o nível de capacitação tecnológica hoje existente?; e quais são as potencialidades do sistema industrial no sentido de incorporar novas tecnologias? A investigação detalhada de tais aspectos é necessária para a definição de uma nova estratégia de industrialização, onde o progresso técnico, gerado a partir de esforços locais, passe a ter importância fundamental.

A próxima seção apresenta uma breve síntese das principais características do desempenho tecnológico recente da indústria brasileira. A seguir é feita uma tentativa de qualificar o processo de maturação do desenvolvimento tecnológico, a partir de certos componentes básicos. A quinta seção analisa a questão dos fatores condicionantes do desempenho tecnológico. A última seção resume os principais aspectos discutidos, destacando algumas implicações para a política industrial e tecnológica.

2 — Tipo e extensão do esforço tecnológico

Os gastos brasileiros com Ciência e Tecnologia (C&T), que atingiram, em 1984, US\$ 1,2 bilhão, são limitados, desde 1977, a uma média de 0,60% do PNB, ou quatro vezes menos, em relação ao PNB do que gastam países como Estados Unidos e Japão. O Estado é a grande fonte de financiamento e o setor produtivo recebe em torno de 45% dos recursos. Estes gastos estão direcionados, principalmente, para formar a infra-estrutura (meios e recursos humanos) destinada à realização de pesquisa e desen-

volvimento. A partir de 1982, o dispêndio nacional com C&T vem caindo, apesar do sofisticado, complexo e muitas vezes superposto aparato institucional que se montou para gerenciar e promover o desenvolvimento tecnológico do país. Desde 1985, registra-se, por parte do governo, uma tentativa de recuperar e expandir os investimentos na área, estando explícita a meta de elevar estes gastos para 2% em 1989.

Apesar do papel decisivo que cabe ao Estado no sentido de prover a infra-estrutura institucional e os estímulos requeridos para a intensificação do esforço tecnológico, é a nível da empresa que, em última instância, esse esforço se materializa em novos processos, produtos ou serviços.

As evidências mais amplas e recentes indicam um "perfil tecnológico" da indústria brasileira bastante interessante.

Em primeiro lugar, os gastos com tecnologia (pesquisa e desenvolvimento, *royalties* e assistência técnica) do setor industrial são irrisórios: em 1982, por exemplo, foram gastos US\$ 233,3 milhões, que representam, na média, 0,15% da receita líquida total do setor industrial [Braga (1986)]. Desde então a situação certamente mudou, tendo em vista o próprio processo de desenvolvimento do país. No entanto, mesmo que tenha ocorrido uma grande expansão dos gastos com tecnologia, embora estas informações representem somente um painel de empresas (responsáveis por 85,4% da receita líquida total do setor industrial em 1982), o esforço tecnológico ainda é modesto, porque estes gastos representam apenas 1/10, em relação à receita líquida, dos gastos de países como Japão, Alemanha ou Estados Unidos.

Em segundo lugar, pode-se observar uma elevada concentração de despesas em poucos gêneros (dois dígitos) e, dentro destes, em poucas indústrias (quatro dígitos) e, nelas, em poucas empresas. Em 1982, somente quatro gêneros foram responsáveis por mais de 2/3 da despesa total, ou seja, material de transporte (24%), material elétrico e de comunicações (18%), metalurgia (14%) e mecânica (12,3%). Em certas indústrias (quatro dígitos), a situação, em 1982, é exemplar: apenas uma empresa foi responsável por 79,7% do total das despesas com tecnologia da indústria de máquinas-ferramenta; na indústria aeronáutica, uma empresa foi responsável por 91,5% dos gastos; e, na indústria de fabricação e manutenção de material de comunicações, seis empresas responderam por 82,3% das despesas totais. Embora a classificação industrial seja diferente, este padrão de concentração de gastos em P&D é semelhante ao observado internacionalmente, variando no entanto a ênfase setorial, já que nos países da OCDE, em 1981, os gastos do setor produtivo estavam concentrados nos seguintes setores: elétrica (inclusive computadores) = 21,8%, química = 17%, aeroespacial = 15,1%, outros transportes = 12,1% e maquinária = 17,5%.

Em terceiro lugar, são as grandes empresas (receita líquida, sexta maior classe de tamanho) as principais responsáveis pelas despesas com tecnologia. Segundo Braga (1986), 10,2% das maiores empresas em receita líquida, em 1982, foram responsáveis por 58,7% das despesas totais com tecnologia,

enquanto 27,1% das menores empresas realizaram gastos equivalentes a 1,3% do total.

Em quarto lugar, a distribuição regional das despesas com tecnologia acompanha de perto a distribuição da atividade industrial, já que as regiões Sudeste e Sul são responsáveis por 90% do total dos gastos.

Em quinto lugar, as empresas nacionais (controle de pelo menos 50% do capital), comparadas às empresas estrangeiras, gastam mais com tecnologia no país e dentro da empresa, enquanto as estrangeiras compram mais tecnologia no exterior. Estas informações apenas confirmam, mais uma vez, o fato de que as filiais basicamente se utilizam de tecnologias desenvolvidas em suas matrizes, sendo o esforço tecnológico local pouco significativo.

Mesmo assim, para o conjunto das empresas industriais, o grau de dependência tecnológica de fontes externas é bastante acentuado. Informações recentes de uma pesquisa realizada em 1980 [Braga (1987)] revelam uma esmagadora preponderância de fontes externas à economia para a obtenção de desenho de ferramental, fluxo de fabricação, projeto de instalações industriais e leiaute de fábrica. As empresas realizam muito pouco destas atividades, enquanto que o desenho de produtos é preferencialmente fornecido por clientes ou fornecedores, havendo uma participação significativa de institutos de pesquisa e empresas de engenharia apenas na produção de desenho de ferramental.

Estes indicadores pouco informam sobre o tipo de esforço tecnológico da empresa industrial. Neste sentido, são bastante ilustrativas as informações de empresas clientes da agência de fomento tecnológico FINEP [Carvalho *et alii* (1985)].

Em primeiro lugar, de uma lista de 19 classes (ou fins) de projetos financiados entre 1973 e 1983 e desconsiderando-se a classe "outros", destacam-se:

- desenvolvimento de processo (13,4% do total financiado no período);
- desenvolvimento do produto (9,4%);
- centro de pesquisa - implantação (7%);
- estudos de viabilidade (6%);
- controle de qualidade - implantação (3,4%); e
- formação de recursos humanos (1,03% do total).

Em segundo lugar, a concentração setorial também é muito pronunciada: as empresas pertencentes aos gêneros extrativa mineral, química, instituições científicas e tecnológicas, mecânica e material elétrico e material de transporte foram responsáveis por 65,3% do total financiado, ou 25,1, 10,7, 8,4, 13,5 e 8%, respectivamente. Os dois primeiros gêneros são de tecnologia de processo (maior incidência de classe de projetos) e os dois últimos de tecnologia de produto (segunda maior incidência de classe de projeto).

Em terceiro lugar, os mutuários com mais de um projeto contratado são responsáveis por 70,6% do total financiado, indicando que: a) o universo

de clientes da FINEP é relativamente reduzido; e *b*) o investimento tecnológico tem uma certa continuidade no tempo, ao contrário de investimentos fixos.

No que se refere a informações sobre o perfil tecnológico dos clientes da FINEP, valem as seguintes observações:

- fontes de informações limitadas;
- existência de experiência anterior, principalmente na área de qualidade industrial e gerência de projetos; e
- ligação entre expansão de mercado e necessidade de fortalecimento da capacitação tecnológica existente.

Deste modo, pode-se sugerir então o seguinte “enredo típico”: estes clientes tinham alguma experiência em atividades ligadas à “qualidade industrial”, e os núcleos por ela responsáveis expandiram suas atividades para incluir o desenvolvimento de novos produtos e mudanças no processo de produção. Por outro lado, os principais gêneros responsáveis por projetos na FINEP são poucos, mas de base técnica razoavelmente sofisticada, e as oportunidades de mercado bastante reais, indicando que: *a*) indústrias que operam com baixas margens de tolerância técnica são intrinsecamente mais propensas ao investimento tecnológico; e *b*) existe um certo grau de “dinamismo” dos mercados em que estas empresas atuam. Isto porque havia uma oportunidade de expansão, através da entrada em novos produtos e processos, mas faltava a capacidade de autofinanciamento. Aparentemente, a FINEP oferecia linhas de crédito favoráveis às empresas e, uma vez dentro do “sistema” financeiro FINEP, crescem as chances de aprovação de novos projetos de desenvolvimento tecnológico.

De modo geral, a questão tecnológica tem sido tratada com especial referência ao setor de bens de capital, ou com relação a indústrias emergentes, como a microeletrônica. Através de categorias analíticas como difusão tecnológica, margem de tolerância e encadeamentos interindustriais, observa-se, com razão, o poder relativo destas indústrias no sentido de gerarem um desenvolvimento tecnológico local, em comparação com indústrias tradicionais, consumidoras (e não geradoras) de progresso técnico.

No entanto, com base nas informações de um trabalho recente [Braga (1987)], é possível sugerir que a questão tecnológica envolve dimensões até hoje não totalmente exploradas, principalmente no que se refere aos instrumentos indutores de eficiência técnica e qualidade. Mais ainda, o desempenho tecnológico da indústria pode ser diferenciado de acordo com o tipo de indústria, o tamanho do estabelecimento ou, então, a propriedade do capital.

A probabilidade de existência de leiaute de fabricação, controle de matéria-prima e de produto final e manual de fluxos e métodos (ou maior capacitação gerencial e técnica necessária para a operação com eficiência e qualidade) é maior em estabelecimentos que pertencem a indústrias de

baixa margem de tolerância (como a química ou farmacêutica), ou de grande porte ou de propriedade estrangeira. Por outro lado, as indústrias mais carentes são aquelas de base técnica madura (como couros e peles), ou os estabelecimentos de pequeno porte ou de propriedade local.

Além disso, as informações analisadas no referido trabalho indicam que o número de fornecedores de insumos é restrito e que existem alterações significativas na qualidade das matérias-primas, além de problemas de continuidade no fornecimento. Estas alterações na qualidade de insumos provocam perdas significativas no processo de produção, sendo a situação mais crítica para as indústrias de couros, papel e alimentos. Foram apontadas também a existência de perdas significativas por problemas com máquinas e equipamentos e com a inabilidade da mão-de-obra.

3 — Esquema de maturação tecnológica: componentes básicos

A evidência disponível indica que: *a*) uma atitude passiva na utilização de uma base técnica importada não conduz ao desenvolvimento tecnológico local; *b*) este desenvolvimento implica um processo de acumulação de capacitação tecnológica, em diversos níveis e especializados nas várias atividades da produção; *c*) o desenvolvimento tecnológico implica ganhos econômicos significativos; *d*) por trás da introdução dos vários tipos de mudança técnica existem esforços específicos para a sua geração; *e*) o quadro reinante é de heterogeneidade tecnológica (intrínseca, temporal e setorialmente, e até no universo de uma empresa); e *f*) tal desenvolvimento está sujeito a determinantes que são passíveis de identificação e análise.

Dado este cenário, nesta seção é feita uma tentativa de *identificar grandes estágios de desenvolvimento tecnológico* para países em desenvolvimento (tabela a seguir). A classificação em estágios foi desenhada para ser apreciada desde cada um dos seguintes cortes:

a) o objeto de classificação deve ser o "ambiente" onde ocorre (ou não) o fenômeno "desenvolvimento tecnológico", isto é, a indústria (com maior ou menor desagregação) e/ou a empresa, o processo de produção e o produto;

b) a classificação foi feita em três níveis: básico, intermediário e avançado [Lall (1979)], sendo que em cada um existem limites inferiores e superiores (a identificação destes limites será feita na próxima seção); e

c) tal classificação pode ser utilizada para a realização de análises comparativas estáticas ou em análises evolutivas, ao longo do tempo.

Estágios de maturação tecnológica: componentes básicos

Local de ocorrência	Estágio de maturação	Capacitação tecnológica	Fonte de tecnologia ^a	Intensidade da mudança técnica	Nível de eficiência	Margem de tolerância
Indústria e/ou Empresa	Básico +	Engenhosidade Tecnologia industrial básica assistemática ^b	Baixa	Adaptativa	Baixo	Alta
	Intermediário +	TIB e engenharia industrial	Média	Otimizadora	Médio	Média
Processo de produção	Avançado +	TIB, EI e P&D	Alta	Inovativa	Alto	Baixa

FONTE: Elaboração do autor.

^aRelação entre investimento tecnológico interno e compra de tecnologia.

^bTecnologia industrial básica: qualidade industrial, normalização, metrologia.

O enquadramento de “situações-padrão” em certas etapas é feito pela identificação e classificação dos seguintes componentes básicos, aos quais correspondem certos indicadores:

- capacitação tecnológica, como indicador do tipo e direção do esforço tecnológico mais intenso e freqüente;
- fonte de tecnologia (a razão entre investimento e compra de tecnologia), como indicador do grau de dependência externa;
- tipo de mudança técnica mais freqüente, como indicador da intensidade do progresso técnico;
- nível de produtividade, como indicador do grau de eficiência econômica potencial; e
- margem de tolerância, como indicador do grau de complexidade técnica envolvida em processos e produtos.

Este esquema foi montado a partir da organização da (frágil) evidência sobre o desenvolvimento tecnológico no país. Além da necessidade de testar este esquema para um número significativo de casos, existem alguns problemas quando se tenta classificar fenômenos que são dinâmicos por natureza:

- não há um período de tempo de permanência em um estágio, comum a todas as situações;
- não existem grupos de indústrias permanentemente localizados em um estágio, podendo haver evolução, estagnação ou retração;
- ocorrem *feed-backs* ao longo do processo que afetam o direcionamento e a velocidade da maturação; e
- a entrada de uma empresa em atividades tecnológicas pode ocorrer pelo processo de produção ou pelo projeto de produto.

Além disso, é possível prever algumas distorções específicas no esquema proposto:

— nas indústrias de alta intensidade em P&D (cf. definição da OCDE), o processo de maturação deve ser distinto, pois desde um primeiro momento deve ser alto o nível de capacitação tecnológica necessário para a produção; e

— em cada estágio, podem existir diferentes níveis de eficiência (produtividade) no uso de um ou vários insumos.

Este não é um esquema estático que implica processos de evolução automáticos, já que a ocorrência do processo de maturação é dependente da direção da influência exercida por certos determinantes comuns, mas que se manifestam de modo particular em cada situação. No entanto, caso esta classificação do padrão de desenvolvimento tecnológico seja válida e possibilite o ordenamento de situações, ela pode chegar a ser útil, para fins de *definição de programas e objetivos para política industrial e tecnológica*.

Isto porque, nos vários estágios, é possível identificar, qualitativamente, o sujeito (agente ou local de ocorrência), o objetivo de política (tipo de capacitação a ser incentivada), o fenômeno (tipo de mudança técnica), os ganhos potenciais (produtividade) e a complexidade do fenômeno (margem de tolerância). Está claro que esta classificação implica necessárias *ações diferenciadas para situações diferenciadas*.

4 — Os estágios de maturação tecnológica

Em uma primeira etapa (“básico”), no caso de entrada recente na produção, a dependência ao fornecedor de tecnologia é muito grande. No caso de cópia, depende-se basicamente da engenhosidade de indivíduos, mas, de maneira geral, os esforços são feitos no sentido de aprender a operar técnicas e reproduzir produtos à imagem do importado. Assim, principalmente no caso de indústrias “maduras” tecnologicamente, ou com uma margem de tolerância intrínseca relativamente alta, mudanças técnicas “adaptativas” são feitas de modo informal por indivíduos com uma base de conhecimentos essencialmente empírica. Em confronto com estágios posteriores, os níveis de produtividade total são baixos, comparativamente aos padrões da fronteira (*best practice*), o que implica o predomínio de baixos níveis de eficiência potencial.

Esquemáticamente, após a introdução de tecnologia e o começo da produção industrial, ocorreria o início do processo de absorção e adaptação da técnica às condições locais. Tal tarefa pode ser dificultada pelo uso de tecnologia de origens diversas, com padrões e normas de produção também diversos. São realizados esforços para adaptar a base técnica às idiossincrasias da organização industrial das economias locais, principalmente no

que se refere a relações com subcontratantes (onde as empresas tendem à verticalização devido à inexistência de uma rede de fornecedores confiáveis) e à escala de produção (onde esta tende a ser menor e descontínua, devido ao tamanho e às incertezas do mercado). Como resultado, a função de produção das plantas de países em desenvolvimento pode ser bastante distinta das condições de países avançados [Katz (1982)].

Em indústrias caracterizadas pela intensidade de tecnologia de produto, a “entrada” em atividades de cunho tecnológico se dá pelo lado do produto (a partir do detalhamento de projeto inicialmente importado) para depois atingir a área da produção (através da “modernização” das atividades de gerência da produção). No âmbito da produção, as atividades relacionadas com tecnologia industrial básica são realizadas de maneira assistemática, ou então de forma ultrapassada (por exemplo, controle de qualidade individualizado e ao final da produção). Este é o caso de indústrias como as de máquinas-ferramenta, de autopeças ou mesmo de computadores. Em indústrias de processo, como a siderúrgica e a petroquímica, o problema se refere a “entender” como foi desenhada uma certa seqüência de fluxos produtivos, para garantir um controle mínimo do processo e conseguir, assim, um mínimo de eficiência operacional, tendo como parâmetro as especificações de capacidade do conjunto de equipamentos. Em geral, indústrias de processo possuem, intrinsecamente, uma margem de tolerância baixa, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de atividades típicas de gerência produtiva, tais como controle e garantia de qualidade, desde o início da produção.

Em um estágio seguinte (intermediário), a dimensão tecnológica do sistema produtivo seria mais aparente, pela introdução de mudanças técnicas localizadas, destinadas a otimizar uma unidade produtiva. De modo geral seriam então introduzidas mudanças no sentido de trazer uma maior “coerência técnica” a um quadro inicialmente heterogêneo.

A necessidade de “gestão tecnológica” torna-se mais aparente levando à ativação explícita de grupos ou núcleos de técnicos ou engenheiros com treinamento formal e especializado. Departamentos de engenharia de projeto, produção e manutenção e embriões de núcleos de desenvolvimento, sem uma ligação orgânica única com a produção, são aqueles que usualmente incorporam tais atividades. A gestão tecnológica também incorpora, de modo cada vez mais explícito, um nível mais complexo daquelas atividades relacionadas com a “tecnologia industrial básica”, principalmente controle de qualidade estatístico e aferição sistemática de instrumentos de medição.

A geração e introdução de mudanças técnicas localizadas trata, por exemplo, de produzir, no campo da engenharia de projeto, o detalhamento de novas especificações para projetos de investimento (em indústrias de processo) ou produtos (em indústrias seriadas ou por encomenda). No campo da engenharia de produção, trata-se de introduzir modificações nos componentes de equipamentos e que aumentem seu desempenho técnico,

rendimento e qualidade. Obviamente, pode continuar o fluxo de tecnologia estrangeira, porém deve mudar o tipo de relacionamento entre as partes, já que o recipiente passa a ter condições de especificar suas necessidades, iniciando-se um processo de “abertura” dos pacotes tecnológicos a serem transferidos.

Mesmo em países desenvolvidos, a mudança técnica incremental otimizada advinda das atividades de *engineering* passou a receber atenção especial por parte de investigadores, devido à sua importância para assegurar a eficiência técnica e econômica do sistema produtivo. Apesar do nível de desenvolvimento incipiente, os países em desenvolvimento estariam particularmente bem colocados para melhor entender tal tipo de mudança técnica pela intensidade de sua ocorrência. O caso japonês sempre vem à tona quando se trata o tema, já que um dos pilares básicos da bem-sucedida emergência japonesa recente está exatamente localizado na sua capacidade de otimizar bases técnicas originalmente importadas, principalmente através de ênfase nas áreas de engenharia de produção e qualidade.

A etapa evolutiva seguinte (avançada) seria marcada pela introdução de inovações mais significativas, a partir de sua geração local desde a fase de concepção de novos produtos ou processos até à sua construção e introdução no sistema produtivo, já perto da fronteira tecnológica mundial. O recurso a fontes externas de tecnologia pode continuar a ser utilizado, porém cada vez mais em caráter complementar às atividades da empresa inovadora. O caso da indústria aeronáutica brasileira é bastante ilustrativo deste estágio. Note-se, no entanto, que dentro de cada indústria deve existir uma enorme amplitude de complexidade tecnológica de processos e produtos.

A geração de mudanças técnicas “inovadoras” implica que o empresário teria assumido certas características “schumpeterianas”, ao utilizar a tecnologia como arma fundamental para sua estratégia empresarial de crescimento e competição. A mudança técnica ocorreria não só de maneira intensa, mas teria também um caráter multidimensional, afetando as várias atividades e dimensões do sistema produtivo. Devido à complexidade tecnológica envolvida em novas tecnologias de processo ou produto, os limites de operação (margem de tolerância) seriam bastante reduzidos, enquanto que o potencial de ganhos de produtividade seriam altos quando os custos de produção entram na fase descendente.

Além da necessidade de tecnologia industrial básica sofisticada, como, por exemplo, na forma de sistemas de garantia de qualidade, a capacitação tecnológica requerida é semelhante àquela de grupos de P&D — como usualmente entendido na literatura sobre inovação [OCDE (1981)] —, que trabalham no âmbito do conhecimento científico aplicado, com fortes vinculações com institutos de pesquisa e universidades. A própria gestão tecnológica da empresa passaria a ser uma atividade complexa ao requerer um modelo explícito de comportamento e ação, alocação de recursos no orçamento, planejamento e técnicas gerenciais específicas.

5 — Identificação dos determinantes

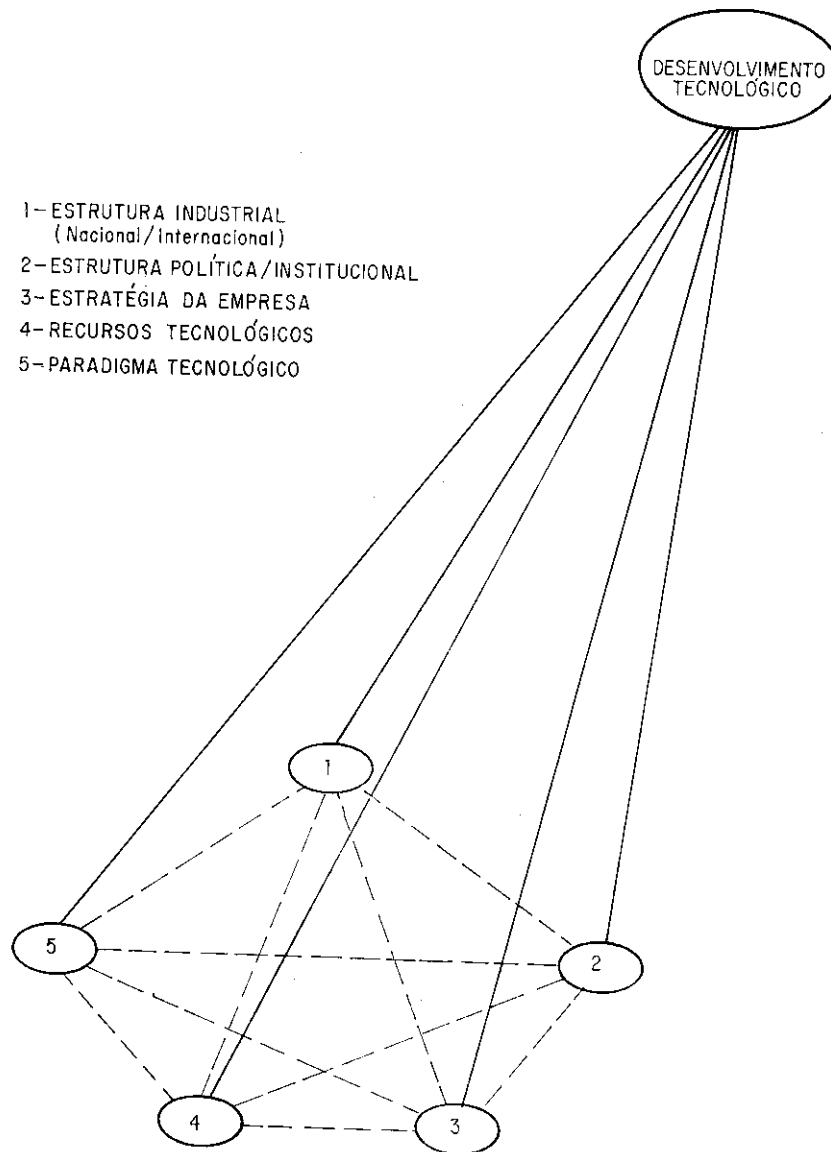
Busca-se nesta seção apresentar alguns dos determinantes do desenvolvimento tecnológico, a partir da identificação de suas características e das possíveis direções da influência destes fatores sobre a propensão ao investimento tecnológico que resultaria em progresso técnico. Como este pressupõe vantagens econômicas e, por isto, interesses em apropriar possíveis ganhos, o problema do desenvolvimento tecnológico é, em última instância, nitidamente político. Assim, as classes sociais e os grupos de pressão dominantes são aqueles que impõem o padrão tecnológico vigente, ressaltando-se, no entanto, a existência de uma heterogeneidade de posições e espaços não ocupados que devem ser melhor explicitados por análises concretas.

Este é o pano de fundo na questão dos determinantes, mas, para melhor entendê-los e para fins de análise, parece ser necessário isolar grandes grupos de determinantes, como mostra o gráfico a seguir. O desenvolvimento tecnológico, qualquer que seja o seu local de ocorrência (indústria, empresa, processo de produção, produto), é fruto da interação das influências de cinco blocos de determinantes: político/institucional; tecnológico; de recursos humanos e técnicos; econômico e estrutural; e empresarial. Fazem parte de cada um deles as dimensões de tempo e locacional (regional/nacional/internacional).

Como exemplos podem ser citados: o tempo de experiência em uma indústria, a natureza da tecnologia e o estágio de evolução do paradigma tecnológico, a divisão internacional de uma indústria específica, as características gerais da economia local, o quadro institucional vigente, a estrutura da indústria local e de seu mercado (para seus produtos e aquele fornecedor de insumos), os recursos tecnológicos locais, inclusive institutos de pesquisa e recursos humanos, etc. Os fatores condicionantes a nível da empresa seriam a estratégia de investimento, a produção e projeto e a qualificação da mão-de-obra. Tais aspectos (ou outros mais) devem ser analisados, pois irão condicionar todo o processo de desenvolvimento tecnológico.

Assim, as barreiras tecnológicas à entrada de novos produtores seriam mais baixas em ramos industriais onde a evolução tecnológica é mais lenta (por exemplo, indústrias de bens de consumo não-duráveis ou de tecnologia de base mecânica) e o número de produtores é extenso. Em ambiente de progresso técnico mais rápido ou complexo (indústrias de alta intensidade de investimento em P&D), a entrada na produção, do ponto de vista técnico e econômico, poderia ser mais difícil, para não mencionar a entrada na geração de tecnologia de ponta. Por outro lado, foi mostrado que, no país e no exterior, existe uma forte concentração das atividades de cunho tecnológico em um número reduzido de setores industriais e, dentro deles, em poucas empresas, o que leva a crer que devem existir indústrias geradoras e indústrias consumidoras de tecnologia (a de bens de capital é o exemplo clássico de indústria indutora do progresso técnico,

OS FATORES DETERMINANTES DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO



FONTE: Elaboração do autor.

tanto para si mesma como para a indústria compradora). Apesar de se constituir em um paradigma tecnológico específico, a microeletrônica vem cumprindo, entre outros, um papel similar, ao introduzir maior capacidade de controle, precisão, qualidade, etc., na operação de sistemas produtivos.

O próprio "momento" da economia afeta fortemente a direção do progresso técnico, que, em momentos expansionistas, é também nitidamente expansionista, pela realização de investimentos com a incorporação de novas unidades de capital, que implicam mudanças técnicas embutidas em equipamentos. Momentos recessionistas implicam contração da atividade econômica, e a prioridade estaria localizada em qualquer tipo de esforços que levem a reduzir custos, não só no lado do trabalho, mas também na otimização dos equipamentos existentes, na introdução de técnicas de controle de produção, etc.

Cabe aqui um comentário sobre o "momento" da economia brasileira relativo ao Plano Cruzado. A tentativa de estabilização de preços ocasionou, entre outros, três tipos de reação: duas de caráter positivo, que se referem a situações onde a manutenção de ganhos foi buscada através de aumento de produção e/ou eficiência, inclusive com a otimização do sistema produtivo, a introdução de sistemas de qualidade, etc.; e uma terceira de caráter negativo, que diz respeito não só à questão do ágio, ou sobrepreço, mas também, e principalmente, à questão da fraude (ou diminuição) nos pesos, medidas e padrões de qualidade anteriormente vigentes. Não há dúvidas de que estes aspectos deveriam ter sido explicitamente considerados na formulação e implementação de política econômica.

A estrutura institucional existente também condiciona o padrão de desenvolvimento tecnológico, o que é bastante claro principalmente em países onde o Estado está comprometido, e de modo ativo, na promoção da industrialização. No entanto, cabe diferenciar entre modos e esferas de intervenção e que provocam padrões distintos de desenvolvimento.

De modo geral, a estratégia de industrialização vai beneficiar um ou outro setor industrial (o caso mais claro é, certamente, o do complexo industrial-militar norte-americano), isto é, existem alternativas de ênfase setorial, e esta tem um impacto direto sobre os rumos do desenvolvimento tecnológico de uma economia. A maior ou menor alocação de recursos para ciência e tecnologia em áreas de conhecimento ou indústrias específicas e a existência de uma estrutura institucional de fomento ágil e de outros mecanismos de apoio (incentivos fiscais, por exemplo) vão afetar diretamente o seu desempenho tecnológico.

A intervenção do Estado pode ser, e de fato é, diferenciada setorialmente, e a sua presença como produtor de bens e serviços pode impulsionar ou não o desenvolvimento tecnológico; isto é, as políticas setoriais de industrialização contêm mecanismos que atuam de forma a estabelecer ou não condições mínimas para induzir ao aprendizado e investimento tecnológico. Por exemplo, no presente momento é flagrante o contraste entre a situação precária da indústria de construção naval (onde todas as forças

não estavam nem direcionadas para aspectos de simples eficiência na produção) e os casos de vitalidade da indústria petroquímica, aeronáutica ou de informática (onde há uma preocupação explícita, apesar de mais ou menos parcial, com a dimensão tecnológica da industrialização).

Entre outros, e a partir de experiências bem-sucedidas, destacam-se, na esfera da política industrial, os seguintes aspectos positivos e indutores ao desenvolvimento tecnológico:

- posicionamento da indústria ou tecnologia no âmbito do interesse político nacional, incluindo aí medidas como reserva de mercado para nacionais;

- existência de um mínimo de instalações e experiência produtiva na área ou em áreas tecnologicamente correlatas;

- investimento em recursos humanos e infra-estrutura tecnológica de modo constante e que possibilitam a consolidação de uma massa crítica mínima para gerenciar e realizar o investimento tecnológico;

- criação de barreiras à importação para produtos que já poderiam ser produzidos localmente e facilidades de importação para componentes não disponíveis;

- apoio oficial e diplomático às exportações;

- apoio explícito de agências de fomento tecnológico;

- favorecimento ao surgimento de pressões de mercado exigentes, seja através de competição interna, exigências de poucos compradores internos ou exposição ao mercado externo;

- produção de bens com tecnologia adequada às condições ambientais de países em desenvolvimento; e

- favorecimento a estratégias tecnológicas a nível das empresas adequadas às necessidades e situações específicas (desenvolvimento autônomo, licenciamento, engenharia reversa, co-produção, importação).

No caso do Estado produtor, as empresas estatais, principalmente aquelas que operam em infra-estrutura, cumprem um papel fundamental na indução do estabelecimento da indústria de bens de capital, já que as políticas de compras de cada uma influenciam na intensidade do esforço tecnológico desta indústria. De modo geral, nestas indústrias estatais deve existir um ambiente mais fértil para o desenvolvimento de uma *consciência tecnológica*, que se traduz em uma *vontade política* e em ações explícitas para incentivar o desenvolvimento.

É exemplar o caso da PETROBRÁS e da TELEBRÁS no que se refere às exigências de ordem tecnológica (principalmente definição de fornecedores externos de tecnologia e cumprimento a padrões de qualidade e normalização) feitas às empresas fornecedoras de equipamentos e a reação positiva destes. No entanto, esta prática, que vem sendo construída ao longo de muitos anos, não tem a mesma intensidade no que se refere aos fornecedores destas empresas. Este fato não deixa de ser uma indicação

da importância da existência de focos industriais difusores, mas também dos limites da difusão de padrões tecnológicos ao longo dos encadeamentos interindustriais.

A literatura sobre economia da inovação sempre buscou no mercado e na estrutura da indústria explicações para tipos diferenciados de progresso técnico. É necessário, então, identificar características estruturais e padrões de concorrência, pois a cada um corresponderia um macrodirecionamento do desenvolvimento tecnológico. Assim, com relação à propriedade do capital, já é fato aceito que as empresas estrangeiras em países em desenvolvimento apóiam-se extensivamente em suas matrizes para aquisição de tecnologia e internalizam muito pouco da sua capacidade inovativa potencial. É óbvio que isto não implica que estas empresas não busquem a eficiência produtiva e, para tal, façam investimentos de cunho tecnológico significativos, principalmente na área de tecnologia industrial básica (TIB).

No que se refere a padrões de competição, existe evidência, inclusive para países em desenvolvimento, de que em situações de oligopólio a competição, sendo por diferenciação de produtos, irá envolver esforços para a geração de grande número de inovações de produtos, como nos casos das indústrias automobilística e de bens de capital sob encomenda. No entanto, situações de oligopólio com barreiras à entrada podem induzir a práticas que inibem a inovação, como no caso da indústria de equipamentos de açúcar e álcool, durante o período de excesso de demanda, no auge do PROALCOOL. Os monopólios tendem a realizar esforços para sempre ampliar a capacidade de produção, como ocorre com a PETROBRAS, enquanto que em ambientes de extrema competição a variável preço, sendo fundamental, aumentaria as chances de introdução de mudanças técnicas redutoras de custos. Já um relacionamento extenso com o mercado externo leva a empresa a se adaptar a padrões de preço, qualidade e assistência técnica rígidos, que induzem à criação de competência técnica para sustentação de posições competitivas. Os casos da indústria de armamentos e de papel e celulose parecem ilustrativos da pressão "positiva" do mercado externo sobre o aprendizado tecnológico.

A relação direta tamanho/capacidade inovadora constitui uma das hipóteses de trabalho básicas de autores pioneiros como Schumpeter, isto é, nas maiores empresas o ambiente seria mais adequado à geração de inovações, pela existência de poder financeiro para sustentar riscos, organização com maior divisão interna de trabalho, maior especialização de funções, alocação de pessoal qualificado para tarefas de cunho tecnológico, etc. No entanto, o caso de tecnologias emergentes indica que, dentre empresas que realizam inovações, há uma concentração não só de empresas de grande porte, mas também de empresas de pequeno porte, altamente inovadoras. No que se refere ao Brasil, existem poucas e recentes evidências sobre tal situação, como ocorre nos pólos de empresas de alta tecnologia em torno de universidades (São Carlos e UNICAMP) ou no caso da indústria de informática, onde, em pouco tempo, algumas empresas de pequeno porte transformaram-se em grandes empresas.

A existência de recursos humanos e serviços tecnológicos em quantidade e qualidade adequadas podem influenciar também o direcionamento do desenvolvimento tecnológico da empresa. Como foi visto, as ligações das empresas brasileiras com o "ambiente tecnológico" que a cerca são muito limitadas, seja no universo de empresas clientes da FINEP ou daquelas de tecnologia madura. De fato, a empresa brasileira utiliza muito pouco do potencial de institutos de pesquisa, buscando-os principalmente para testes e ensaios no âmbito da qualidade. Assim, estes institutos têm que buscar o Estado como fonte financeira e, salvo casos ou projetos específicos, o apoio do Estado tem como resultado mais a manutenção de um grupo mínimo de pesquisadores do que a geração de conhecimento que possa ser efetivamente utilizado na economia.

A nível da empresa, as ações dos vários tipos de grupos que prestam serviços tecnológicos são dependentes da ação de outros indivíduos ou grupos, com poder de decisão para implementar capacitações tecnológicas potencialmente existentes. De modo geral, parece que um apoio explícito para o desenvolvimento tecnológico é resultante do que aqueles com poder percebem como sendo "oportunidades tecnológicas", dentro das pressões e/ou incentivos a que estão sujeitos. Assim, somente quando a tecnologia for percebida como fonte e suporte para a realização de lucros é que estas oportunidades passariam a ser percebidas. Ao mesmo tempo, a passagem de um estágio de capacitação a outro apresenta descontinuidades que requerem, para sua superação, a existência de uma certa "consciência tecnológica", consubstanciada em estratégia, alocação de recursos e sustentação de riscos e custos.

É então, no âmbito da estratégia tecnológica da empresa, em última análise, onde se delimita qual seria a atitude desta com relação à tecnologia. A geração de tecnologia, a utilização de engenharia reversa, o licenciamento ou a cópia são definidos por estratégias (implícitas ou explícitas) de caráter mais geral, que podem ser classificadas em:

- estratégia dependente, onde a empresa desempenha um papel de satélite ou de subordinação a outras empresas;
- estratégia imitativa, que consiste em seguir os líderes do mercado, uma vez que uma tendência definitiva surja no mercado, para diminuir os riscos envolvidos na geração de tecnologia; e
- estratégia ofensiva, que consiste na busca da liderança tecnológica e de mercado, com uso explícito do investimento tecnológico como arma de competição.

Em resumo, o processo evolutivo apresentado assume, obviamente, uma combinação de circunstâncias favoráveis, impelindo a empresa, do ponto de vista tecnológico, em um sentido evolutivo "positivo". Este cenário está distante da realidade industrial brasileira, pois, como foi sugerido em várias passagens, o quadro geral é de uma heterogeneidade tecnológica (dentro de uma heterogeneidade estrutural mais ampla) bastante marcante. Isto quer dizer que: *a*) a evolução positiva não é automática; *b*) dentro de um mesmo espaço econômico convivem plantas, empresas, indústrias e setores com diversos níveis de capacitação e desenvolvimento

tecnológico; c) o tempo de passagem de uma etapa a outra, o tempo de evolução (ao contrário do meio natural que nos cerca) não é uniforme; e d) a variável tecnológica não explica totalmente uma situação econômica existente. Em última instância, a direção da influência dos diversos fatores é determinada por aspectos relacionados com interesses econômicos específicos e objetivos.

6 — Conclusões

O objetivo deste trabalho foi tentar quantificar e qualificar o desempenho tecnológico recente da indústria brasileira dentro de um esquema de maturação tecnológica e identificar os determinantes da situação observada, tendo sido possível distinguir as características gerais apontadas a seguir.

A fonte básica inicial de conhecimento é externa à economia; enquanto a tecnologia externa não ocupar um papel complementar à geração de tecnologia local, o quadro é de dependência acentuada, com efeitos negativos sobre a capacidade de crescimento da economia; a razão esforço local/importação de tecnologia seria então um indicador do grau de autonomia de decisão tecnológica; a transferência de tecnologia contribui para aumentar a capacitação produtiva da indústria; já a capacitação tecnológica somente ocorre se, em paralelo com a transferência, ocorrer investimento tecnológico autônomo e significativo.

O desenvolvimento tecnológico não ocorre automaticamente, pois envolve custos e alocação de recursos, e pode-se constatar que o desempenho tecnológico brasileiro é bastante desigual ou heterogêneo. O esforço tecnológico do setor industrial é limitado e precário, mas vem crescendo e se tornando cada vez mais aparente nos últimos anos.

A heterogeneidade tecnológica pode ser ilustrada pelos indicadores mais agregados. Os dois extremos encontrados são: nota-se uma concentração de despesas e uma busca de financiamentos para tecnologia em poucas empresas nacionais onde se cultive uma certa "consciência tecnológica" e de maior tamanho, localizadas no Sul e Sudeste, pertencentes a poucas indústrias dentro de poucos gêneros industriais (material elétrico e de comunicações, material de transporte, mecânica, química) e que sofrem o impacto de política tecnológica e industrial explícita; já nas indústrias tradicionais, existem problemas sérios e específicos, ligados a aspectos básicos como a falta de organização racional da produção e de controle de qualidade. No entanto, estes problemas também podem ser encontrados em indústrias tecnologicamente mais sofisticadas.

O conjunto das evidências apresentadas permitiu que fosse identificado um certo padrão de maturação tecnológica, para indústrias, empresas, processo de produção ou produto, em três estágios de evolução (básico, intermediário e avançado) e através de certos componentes básicos. O "ordenamento" da heterogeneidade reinante pode ser bastante útil para fins de

definição de objetivos e áreas de atuação para política industrial e tecnológica.

A apreciação de indústrias ou empresas indica que, no primeiro estágio, o esforço tecnológico realizado tem como origem a engenhosidade de indivíduos e atividades assistemáticas em tecnologia industrial básica. Estes esforços são realizados para aprender a operar e adaptar a base técnica às idiossincrasias da economia local (tamanho do mercado, estrutura de fornecedores, etc.). Em um estágio intermediário, ocorrem formas de organização mais sofisticadas (núcleos de engenharia industrial e desenvolvimento), para otimização de uma base técnica existente (implementação de padrões de qualidade, busca de eficiência produtiva, etc.). Finalmente, no último estágio é muito evidente a geração de novos produtos ou processos pelo resultado dos esforços de centros de pesquisa e desenvolvimento. É bastante amplo e cumulativo o espectro de mudanças técnicas em cada um destes macroestágios de desenvolvimento.

Para fins de política industrial e tecnológica, em caráter preliminar, pode-se identificar e classificar as necessidades tecnológicas de grandes grupos de setores industriais, de acordo com os distintos estágios de maturação. Setores tradicionais (têxtil, calçados, bebidas e alimentos, etc.) parecem requerer a implementação de tecnologia industrial básica, para se alcançar a eficiência produtiva. A maioria da indústria brasileira (tecnologia de base mecânica e indústrias de processo) parece estar localizada em um estágio intermediário, necessitando de ações para fortalecer a tecnologia industrial básica e de apoio a núcleos de engenharia e desenvolvimento, com o fim de consolidar e ampliar mudanças tecnológicas localizadas. Finalmente, o conjunto dos grandes clientes da FINEP e do INPI, pertencentes a poucas indústrias, principalmente de tecnologia emergente (informática, aeronáutica, algumas indústrias do gênero mecânica, etc.), necessita de apoio para TIB, núcleos de desenvolvimento e P&D.

É possível identificar, no caso brasileiro, relações de intensidade entre certas características estruturais e o desenvolvimento tecnológico a nível da empresa:

- o estágio de evolução da tecnologia (ou paradigma): indústrias maduras, ou menos exigentes em termos de investimento tecnológico, oferecem menos “resistência” à entrada, e vice-versa;

- o estágio de desenvolvimento do complexo industrial: um maior grau de internalização do complexo implica a existência de toda uma rede produtiva de fornecedores e clientes mais confiável (em termos de preço, qualidade, prazo de entrega e assistência técnica);

- o tamanho do mercado vai determinar a escala de produção e o padrão de concorrência influencia no direcionamento do esforço tecnológico: maior nível de competitividade, pressão sobre custos e qualidade, oligopólio, diferenciação de produtos, monopólio, pressão contínua para expansão;

- a existência de infra-estrutura de serviços tecnológicos tem uma relação positiva com o desenvolvimento tecnológico;

— a propriedade do capital, o tamanho da firma e a localização geográfica também influem no desempenho tecnológico, sendo as grandes empresas nacionais, localizadas no Sul e Sudeste, aquelas mais propensas ao investimento tecnológico; e

— a estratégia tecnológica da empresa define o seu comportamento no processo de produção onde se cristaliza o progresso técnico: quanto mais ofensiva e menos dependente, maiores as chances de acumulação de capacitação tecnológica.

Quando as condições específicas de cada determinante são de caráter positivo, impulsionando ou obrigando a um esforço tecnológico, maiores são as chances de um desempenho bem-sucedido. No entanto, não está nada claro, no caso brasileiro, quais as precondições que influenciam na ocorrência de conjuntos simultâneos de fatores positivos. Mas, sem dúvida, é na esfera dos interesses dominantes, dentro de cada fator ou determinante, onde se encontra a fonte das decisões que serão implementadas e cristalizadas (ou não) em progresso técnico.

É bastante clara (como sempre o foi) a necessidade de apoio institucional ao desenvolvimento tecnológico. Ao mesmo tempo, é crescente a complexidade do problema e, conseqüentemente, dos meios e modos de “apoiar”. Assim, quanto mais explícitas e adequadas a situações específicas forem as políticas econômica, científica, tecnológica e industrial, maiores as chances de ocorrência de desenvolvimento tecnológico.

Se, para fins de formulação de estratégia (não só do Estado) e de desenvolvimento, for “desejável” um quadro tecnológico mais homogêneo, para fortalecer a capacidade da indústria de sustentar um processo de crescimento, faz-se necessário entender melhor e classificar as diferenças existentes. Isto tornaria a tarefa de eliminá-las mais fácil ao se conhecer a sua extensão. O esquema de maturação tecnológica foi elaborado em bases qualitativas e com fins indicativos, necessitando ainda de melhor conhecimento empírico. Sem dúvida, auxiliaria nesta tarefa a existência de uma série de indicadores de desempenho tecnológico que incorporem, pelo menos, a possibilidade de serem capazes de refletir uma realidade tão heterogênea.

Abstract

The objective of this article is to propose an analytical framework in order to better understand the existing technological heterogeneity of the Brazilian industry. In an exploratory way and starting from recent available evidence, the process of technological development is differentiated in certain stages of increasing maturation. An attempt is also made to identify the direction of the influences exerted by certain determining factors upon the observed situation. Despite the need for better testing the proposed framework, it is possible to postulate that, in the formulation of public policies, it is necessary to explicitly recognize, and act upon adequately, the differentiated needs of the productive sector.

Bibliografia

- BRAGA, H. *Progresso técnico na indústria brasileira: indicadores e análise de seus fatores determinantes*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1986. 66 p. (IPEA/INPES. Texto para discussão interna, 99).
- . *Tecnologia e produtividade da indústria brasileira: uma análise exploratória*. Rio de Janeiro, FTI, 1987, mimeo.
- CARVALHO, F., ORTEGA, J. A., e FAÇANHA, L. O. *O apoio ao desenvolvimento tecnológico da empresa nacional*. Rio de Janeiro, FINEP, 1985, mimeo.
- KATZ, J. *Cambio tecnológico en la industria metalmeccánica latinoamericana*. Buenos Aires, Programa IDB/ECLA/UNDP/IDRC, 1982 (Monografia, 51).
- LALL, S. *Developing countries as exporters of technology and capital goods: the Indian experience*. Oxford, U. K., Oxford University, Institute of Economics and Statistics, 1979, mimeo.
- OCDE. *The measurement of scientific and technical activities; Frascati Manual 1980*. Paris, 1981.

(Originais recebidos em setembro de 1986. Revisões em abril de 1987.)