

# Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil <sup>1</sup>

---

Ana Urraca Ruiz <sup>2</sup>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar a ocorrência e direção da mudança na especialização tecnológica brasileira entre os períodos pré e pós-abertura, assim como a natureza de tais mudanças. Utilizando dados da Oficina Européia de Patentes entre 1978 e 2005 para três grupos de países (líderes, asiáticos e latino-americanos), o artigo confirma um forte dinamismo da atividade inovadora do Brasil entre períodos (1978-1990 e 1991-2005) que o levou a especializar-se em campos técnicos com oportunidades tecnológicas dinâmicas e sair de campos técnicos que se mostraram estagnados. Sem embargo, o país ainda não conseguiu desenvolver competências relevantes em importantes segmentos com elevada oportunidade tecnológica. O artigo revela, ademais: i) um realinhamento da estrutura tecnológica brasileira após a abertura, mais próxima dos seus vizinhos latino-americanos e mais distante dos líderes e asiáticos; e ii) o efeito da acumulação tecnológica nos países líderes se traduz na manutenção das competências desenvolvidas no passado (persistência), enquanto, para os países seguidores, a persistência se revela como a dificuldade de entrar em campos técnicos onde não houve desenvolvimento de capacitação tecnológica.

**Palavras-chave:** Brasil – Inovação tecnológica; Países líderes e seguidores; Patentes.

## Abstract

### *Persistence vs. structural change in the technological specialization of Brazil*

Using data from European Patent Office (1978-2005) related to three groups of countries (leaders, Asians and Latin-Americans), this paper aims to identify the structural change of Brazilian technological specialization and its nature between the two periods, pre and post commercial liberalisation. The paper confirms these structural changes with three results; i) a path of diversification of Brazilian technical base towards technologies with dynamic, but low, technological opportunities; (ii) an approximation with Latin-American technological specialization pattern; and (iii), a different effect of technological accumulation between leaders and followers. For leaders, accumulation means persistence of competences. For followers, that means the impossibility of entry in technical fields where there are not developed any competences.

**Key words:** Brazil – Technological specialization; Leaders and followers countries; Patents.

**JEL** O14, O33, O54.

---

(1) Trabalho recebido em setembro de 2007 e aprovado em dezembro de 2007. A autora agradece a Cynthia Bastos, do programa Pibic-CNPq, pela sua participação na elaboração das bases de dados, gráficos e índices de semelhança; ao professor Frederico Rocha, do IE-UFRJ, pelos seus comentários e sugestões e a um parecerista anônimo pela sua contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho, sendo responsabilidade exclusiva da autora os erros e omissões que o mesmo possa ter.

(2) Professora da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil. E-mail: [anaruiz@economia.uff.br](mailto:anaruiz@economia.uff.br).

## Introdução

Desde o início da década de 1990, o Brasil veio registrando uma gradativa abertura de seus mercados exteriores cujos possíveis efeitos ainda não foram avaliados em profundidade. A maior parte das análises realizadas sobre os efeitos econômicos da abertura comercial teve caráter macroeconômico, especialmente os que concernem aos equilíbrios interno e externo (ajuste de moeda, inflação, déficits público exterior e público, etc.) e ao crescimento. Impactos microeconômicos, por sua vez, além de serem mais escassos, encontram-se mais limitados ao estudo da competitividade industrial, reestruturação produtiva e possíveis alterações da estrutura dos mercados domésticos.<sup>3</sup>

No entanto, a abertura comercial de um país fortemente fechado ao exterior no seu passado recente pode ter levado a transformações estruturais além das que a literatura tradicionalmente considera como esperadas. A abertura comercial – assim como outros processos de integração econômica mais profundos – pode redirecionar a pauta de exportações e a especialização produtiva nacional levando os países a processos paulatinos de mudança estrutural (Myro; Alvarez, 2003). Na medida em que as competências tecnológicas de um país estão fortemente relacionadas com sua base produtiva, é possível esperar que tais alterações da base produtiva e comercial, junto com mudanças nas características da demanda interna e externa, levem também a modificações da sua estrutura tecnológica.

Este artigo tem como objetivo investigar a mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil antes e depois do processo de liberalização comercial dos anos 1990 e estudar a natureza dessas mudanças.

O trabalho se divide em quatro seções, além desta introdução e das conclusões finais. A primeira apresenta uma revisão da literatura sobre os determinantes da especialização tecnológica nacional e quais as possibilidades de um processo de abertura redirecionar os esforços tecnológicos desde umas classes tecnológicas a outras. A segunda descreve a base de dados utilizada. A terceira apresenta as mudanças registradas da especialização tecnológica brasileira entre os períodos anterior e posterior à abertura mediante três análises: (1) a variação da vantagem tecnológica revelada (VTR) como indicadora de especialização tecnológica de acordo com a dinamicidade da oportunidade tecnológica no ambiente internacional e com relação a três grupos de países (líderes, latino-americanos e asiáticos); (2) a posição relativa do Brasil com respeito aos três grupos de países anteriores; e (3) análise *shift-share* para analisar a natureza dos componentes que levaram a dita mudança estrutural.

---

(3) Alguns trabalhos relevantes nesse sentido são os realizados pelo Ipea, por De Negri e Salerno (2005).

## 1 Especialização tecnológica e mudança estrutural

A especialização tecnológica nacional (ETN) pode ser definida como a medida da regularidade da atividade tecnológica de um país em cada um dos campos técnicos em que ele é ativo com relação ao conjunto de tecnologias em que atua (Archibugi; Pianta, 1992, p. 119) e com relação à posição que mantém a respeito de um conjunto de países ou do mundo (Malerba; Montobbio, 2003).

Os determinantes da ETN de um país podem ser procurados nos elementos responsáveis pela direção da mudança tecnológica entre as diversas tecnologias: os regimes tecnológicos. Esses elementos são: a oportunidade tecnológica, as condições de apropriabilidade e as características da demanda (Nelson; Winter, 1977; Cohen, 1995).

As condições de apropriabilidade surgem da natureza pública do conhecimento. O uso de distintos mecanismos de apropriação está intimamente vinculado ao conhecimento-base do setor, ao tipo de informação utilizada, ao valor que esta adquire para quem a possui e às distintas formas em que o processo de inovação acontece. Os mecanismos de apropriação e a sua efetividade variam entre indústrias, mas eles se mantêm estáveis ao longo do tempo, dado que a natureza da sua mudança responde a mudanças regulatórias e institucionais.

A oportunidade tecnológica tem uma forte dimensão setorial e a sua dinâmica se encontra em grande parte restrita a mudanças nos paradigmas tecnocientíficos. A abertura de janelas tecnológicas decorrente da aparição ou aplicação de novos microparadigmas no cenário internacional pode levar a um reaproveitamento das competências nacionais, que, somado ao efeito “pervasivo” ou “permeável” das tecnologias, levaria a uma recondução da estrutura tecnológica nacional.

As teorias do “*demand pull*” atribuíam como causa da atividade inventiva os câmbios na composição da demanda de bens e serviços, em termos de “mudanças de necessidades”, dado que estas influenciam os padrões de investimento e, por conseguinte, a introdução de novas tecnologias de processo. Das teorias do “*demand pull*” surge o terceiro componente dos regimes tecnológicos: as condições da demanda. A demanda incide sobre o incentivo a empreender atividade inovadora em duas dimensões: o tamanho do mercado e a elasticidade-preço (Cohen, 1995, p. 214). Embora o tamanho de mercado não afete diretamente o nível de investimento em inovação (custo de inovar em sentido amplo), afeta a rentabilidade esperada do P&D, a qual é proporcional ao tamanho do mercado onde a inovação será comercializada. Quando o tamanho do mercado é o mesmo, o incentivo a inovar é maior naquele mercado onde a expectativa de crescimento é maior.

Do ponto de vista da firma, os esforços em inovar estão diretamente relacionados com o *output* sobre o qual se espera rentabilizar a inovação ou *ouput ex ante*<sup>4</sup> (Cohen; Klepper, 1992; 1996). Quanto maior o tamanho do mercado, maior o *ouput ex ante* e quanto maior o *ouput ex ante*, maior o incentivo a inovar. Assim, os gastos em P&D setoriais e por firma deverão se incrementar com o tamanho do mercado se a demanda for inelástica, inclusive se crescem os custos associados ao desenvolvimento de tecnologias<sup>5</sup> (Dasgupta; Stiglitz, 1980). A relação entre P&D e tamanho se reduz para aquelas indústrias e tipos de P&D onde as inovações são mais “comercializáveis” ou onde a expectativa de um rápido crescimento derivado da introdução da inovação é maior.

A elasticidade-preço da demanda afeta diretamente o lucro marginal de investir em P&D (Kamien; Schwartz, 1970). Distinguindo entre inovação de processo e de produto, quanto mais elástica a demanda com respeito ao preço, maior o incentivo a inovar em processo e menor o incentivo a inovar em produto,<sup>6</sup> dado que uma redução de custos e preços leva a um crescimento da quantidade demandada superior à redução dos preços. Se a demanda for inelástica, o incentivo a realizar inovação de produto é maior, e menor o incentivo a realizar inovação de processo porque, nos estados iniciais da introdução de inovações de produto, é possível incrementar os preços que se traduzem em contrações proporcionalmente menores da demanda. Dasgupta e Stiglitz (1980) colocaram, ademais, que, se a demanda for elástica, o crescimento de custos derivado do desenvolvimento de tecnologias levaria a uma queda dos gastos em P&D setoriais e por firma; e, se a demanda for muito inelástica, o gasto em P&D de uma indústria com livre entrada seria superior ao ótimo, podendo haver duplicidade de esforços.

Um último aspecto da demanda é o referente às características do usuário no sentido do ‘grau de sofisticação da demanda’ e sua influência no tipo de tecnologia gerada pelos produtores<sup>7</sup> (Mansfield, 1973, p. 204-205). A diversidade e direção da pauta de inovações respondem também, em alguma medida, aos requisitos tecnológicos das empresas usuárias, em virtude de suas especificidades de produção e mercado.

---

(4) Sob as considerações de os mercados de informação serem imperfeitos e as firmas não esperarem crescer imediatamente aplicando uma inovação.

(5) Para isso, é necessário considerar a hipótese de que a inovação unicamente se rentabiliza quando se incorpora em bens e a decisão a inovar (dispêndio em P&D) se realiza sobre a base do produto que a empresa obteve no passado.

(6) A diferença entre inovações de produto e processo implica que a medida do impacto das condições de demanda sobre o incentivo a inovar diferencie entre produtos que se destinam a mercados intermediários e finais, o que não está isento de problemas de medição, especialmente no cálculo de elasticidades-preço de inovações de produtos finais quando estes são radicalmente novos (Cohen, 1995, p. 213).

(7) Por exemplo, a demanda do governo americano por tecnologia de telecomunicações levou ao desenvolvimento da indústria de componentes eletrônicos.

Sob todas as considerações estabelecidas, a abertura comercial pode influenciar sobre a mudança da estrutura tecnológica nacional pelo lado dos determinantes da oferta (produção) de tecnologias e desde o lado da demanda. Do lado da demanda, a abertura comercial pode levar ao surgimento de novos mercados e à expansão dos existentes, originando um aumento do tamanho e da perspectiva de crescimento de uns mercados sobre outros. Essas mudanças levariam a uma realocação de recursos em P&D para o desenvolvimento de tecnologias vinculadas a mercados onde a rentabilidade esperada de gasto é maior. As outras dimensões da demanda também podem incidir nas mudanças da estrutura tecnológica nacional se a abertura altera a elasticidade-preço dos produtos ou se modifica os requerimentos dos usuários.

Mas, por outro lado, as teorias do comércio prevêem que a abertura comercial e outros processos de integração econômica são capazes de reordenar a estrutura produtiva nacional. Junto com a reestruturação produtiva, alterações da base técnica serão também previsíveis. A formação de vantagens tecnológicas está fortemente vinculada à natureza dos processos de produção de conhecimento científico técnico e às especificidades que este adota dentro de cada país, concretamente no que diz respeito a suas bases técnica e produtiva, ambas fortemente relacionadas. Existe, portanto, um conjunto de fatores determinantes da ETN pelo lado da oferta que Malerba e Montobbio (2003) resumem em: (i) a estrutura da atividade inovadora, que define a trajetória do desenvolvimento tecnológico sobre determinada *base técnica* e sobre específicas formas de inovação; (ii) a “persistência” e “heterogeneidade” das atividades inovadoras das firmas; (iii) os vínculos de conhecimento entre tecnologias (*spillovers*); e (iv), os Sistemas Nacionais de Inovação e as políticas tecnológicas.

A *base técnica* está determinada pela dotação de científicos e engenheiros; pela alocação de recursos ao P&D por disciplina de conhecimento, dados os diferentes graus de permeabilidade para outros campos técnicos e tecnologias que cada uma permite; e, pelas diferentes formas em que o país adquire e acumula conhecimento (compra ou contratação de tecnologia externa; políticas científicas e tecnológicas e interação entre os agentes envolvidos nos processos de inovação públicos e privados). A *base produtiva* vem configurada pelo seu padrão de especialização produtiva (indústrias de alto, baixo ou médio conteúdo tecnológico) e pelo grau de interdependência entre elas.

A base técnica de um país está vinculada a sua estrutura produtiva. Seguindo a taxonomia de Pavitt (1984), cada indústria desenvolve formas particulares de processos de inovação e de avanço em determinadas áreas de conhecimento de acordo com seu “conhecimento-base”. Por exemplo, os setores “baseados na ciência” dependem em maior medida dos avanços científicos que os setores tradicionais e realizam importantes esforços próprios em P&D, enquanto

nas indústrias mecânicas ou do automóvel são importantes as relações usuário-produtor e o “aprendizado pelo fazer” como forma específica de desenvolver conhecimento. Dessa forma, as competências tecnológicas centrais em que um país se especializa estão fortemente associadas às suas vantagens produtivas e comerciais. A estrutura da atividade inovadora em cada setor inclui, ademais, elementos como o grau de concentração dos inovadores líderes, as condições de entrada de novos inovadores e a colaboração tecnológica, fatores todos que se relacionam positivamente com a ETN (Malerba; Montobbio, 2003).

Sobre as bases técnica e produtiva, os países constroem um conjunto de competências (tecnológicas e produtivas) internas e específicas que surgem da aprendizagem e da experiência acumulada no desenvolvimento dos processos de inovação e produção, o que permite caracterizar a ETN como fortemente específica, “*path dependent*” e estável ao longo do tempo.

Em segundo lugar, o caráter idiossincrático dos processos de acumulação de conhecimento e das trajetórias tecnológicas das firmas pode levar à formação de vantagens particulares para certas tecnologias, permitindo ao país especializar-se em áreas técnicas vinculadas. Esse fenômeno dá lugar à chamada “persistência inovadora” ou a probabilidade condicional de que inovadores no período  $t$  sejam também inovadores no período  $t+1$ . Na presença de persistência, a inovação poderia ser considerada como um processo puramente aleatório não controlado pela ação das firmas. A persistência acontece como resultado da natureza acumulativa dos processos de aprendizado e das capacitações organizacionais e tecnológicas que são específicas da firma. Nesse sentido, a persistência está relacionada com a heterogeneidade qualitativa dos inovadores. Os agentes desenvolvem diferentes capacitações em diferentes domínios tecnológicos e diferentes capacidades de inovar e os processos de acumulação tecnológica não só reproduzem as capacidades passadas, mas também a assimetria entre os agentes, gerando maior heterogeneidade ao longo do tempo (Malerba et al., 1997).

Malerba et al. (1997) revelaram que: i) as vantagens tecnológicas são maiores em setores caracterizados pela ação de um conjunto de grandes firmas altamente competitivas que inovam constantemente em indústrias também fortemente competitivas; ii) a persistência e as assimetrias são fenômenos que afetam os padrões de atividade inovadora entre países e setores gerando concentração e estabilidade nos *rankings* de inovadores e baixa turbulência na população dos inovadores. Patel e Pavitt (1991) encontraram evidência sobre a forte semelhança entre as vantagens tecnológicas das maiores firmas e as vantagens tecnológicas de seus países de origem. Por essa perspectiva, a ETN estaria forte e positivamente correlacionada com a estabilidade do *ranking* de maiores inovadores e negativamente com o grau de turbulência (entrada e saída) de novos inovadores nesse mesmo *ranking*.

Uma outra interpretação sobre o papel das competências tecnológicas acumuladas na firma surge da idéia schumpeteriana de que a construção de vantagens é o resultado de ferozes processos de concorrência pelo posicionamento no mercado, o qual indicaria turbulência no *ranking* dos inovadores. Esse tipo de comportamento é mais fácil que aconteça nos estágios imediatamente posteriores ao surgimento de um novo paradigma tecnológico, onde a especialização tecnológica estaria mais correlacionada com a turbulência do que com a estabilidade. O trabalho de Malerba et al. (1997) colocou evidência empírica em favor de que a ETN se relaciona mais com um processo de “acumulação criadora” do que “destruição criadora”, embora alguns elementos deste último processo possam ter, eventualmente, grande influência.

O terceiro determinante endógeno da ETN é o relativo aos vínculos de conhecimento entre as tecnologias onde o país se encontra especializado. Através desses vínculos e dos fluxos do conhecimento entre agentes se estendem os *spillovers*, de forma que a atividade inovadora desempenhada por um agente afeta o desempenho inovador de outros que atuam em diferentes, mas relacionados, campos técnicos dentro do mesmo país. O trabalho de Malerba e Montobbio confirmou para Estados Unidos, Reino Unido, França, Itália e Alemanha a persistência da ETN para 135 classes tecnológicas relativas às tecnologias Química, Eletrônica e Maquinaria e a influência positiva nesse resultado de fatores como os fluxos de conhecimento entre tecnologias, a concentração dos inovadores, o surgimento de novos inovadores e a cooperação tecnológica.

Finalmente, os Sistemas de Inovação fazem referência às diferenças registradas na formação da força de trabalho, ao desenvolvimento de determinadas ciências por parte de universidades e centros públicos de pesquisa, às relações entre agentes (produtores, usuários e governo) e à articulação de políticas tecnológicas encaminhadas ao desenvolvimento de tecnologias específicas consideradas como prioritárias na pauta dos esforços de P&D nacional.

A evidência empírica dos anos 1980 revelou uma tendência à especialização dos perfis tecnológicos dos países industrializados e para alguns países seguidores europeus, de forma que os países mostravam-se, gradativamente, mais diferentes uns dos outros (Archibugi; Pianta, 1992, 1994). Trabalhos mais recentes mostraram que os países grandes distribuem suas atividades de inovação entre um amplo conjunto de tecnologias e que a mobilidade entre classes tecnológicas é elevada para determinados graus de desagregação,<sup>8</sup> mas é também assimétrica. Isso significa que é difícil melhorar a especialização em muitas tecnologias onde existe desvantagem (e nas vinculadas), enquanto é fácil que

---

(8) O nível de desagregação está relacionado com a persistência da estrutura tecnológica. Quanto maior o grau de agregação, maior será também a persistência e quanto maior a desagregação, maior a mobilidade (Malerba; Orsenigo, 2003).

umentem os níveis de especialização nas áreas técnicas onde há elevadas vantagens comparativas (e nas vinculadas) (Mancusi, 2001). De acordo com a autora, esses encontros enfraquecem a teoria da acumulação tecnológica e do *path dependence* como fatores explicativos da persistência dos padrões de especialização ao longo do tempo, dado que tanto a acumulação quanto o *path dependence* levariam, na verdade, a um aumento da especialização nos campos técnicos onde o país se especializou no passado (e em campos técnicos relacionados) e a uma queda da especialização onde ela não construiu vantagens tecnológicas (e nos campos técnicos relacionados).

## 2 Fontes de informação

Este trabalho utiliza os dados de patentes depositadas do Escritório Europeu de Patentes (EPO) entre 1978 e 2005, alocando a nacionalidade da patente de acordo com a residência do inventor. As patentes são utilizadas neste e em outros trabalhos como indicador de competências tecnológicas (no nível da firma e do país) porque representam esforços em pesquisa e desenvolvimento realizados pelos inventores, que são os detentores da competência ou do conjunto de conhecimentos, habilidades, experiências, procedimentos, rotinas, etc. que deram origem à patente. Assim, onde reside o inventor, reside a competência. Uma patente pode ter diferentes nacionalidades envolvidas no seu processo de criação. Neste caso, essa patente representa desenvolvimento de competências para todos os países envolvidos.<sup>9</sup>

As estatísticas de patentes oferecem ademais um elevado grau de homogeneidade,<sup>10</sup> abrangem longos períodos de tempo e os campos técnicos se ordenam de acordo com um critério comum, a Classificação Internacional de Patentes, o que as converte em uma ferramenta sólida para realizar comparações internacionais.

A EPO é uma base de dados adequada aos objetivos do artigo porque as aplicações de patentes na EPO representam quase automaticamente uma segunda aplicação para depositantes de origem não europeia (Grupp e Schomach, 1999:385). Assim, para os países contemplados, após as suas respectivas oficinas nacionais, a Oficina Americana de Patentes (para países latino-americanos) ou a Oficina Japonesa de Patentes (para países asiáticos), a EPO constitui sua segunda aplicação. Ser primeira, segunda ou terceira aplicação dependerá da orientação dos mercados de cada país na Europa.

---

(9) Para um maior conhecimento sobre o uso de patentes como indicador tecnológico ver os capítulos 9 e 24 do Glanzel e Schmoch (2004).

(10) A homogeneidade decorre do seu custo de registro. No caso da EPO, o custo de registro é relativamente elevado quando se compara com outras oficinas de patentes, o que representa um filtro econômico mais estreito tanto para inventores europeus quanto de outras nacionalidades.



Como conseqüência dessa característica, o grau de internacionalização das atividades de P&D é muito maior quando se utiliza a EPO que quando se utilizam outras bases. A partir da análise da atividade patenteadora de aproximadamente 250 empresas americanas entre 1985 e 1990 na Oficina Americana de Patentes (USPTO), Patel (1995) mostrou que apenas 7,8% das patentes totais foram em virtude de esforços inovadores de inventores residentes no exterior e Cantwell (1995), para o período 1969-1990, mostrou que só 6,8% das patentes de empresas americanas depositadas na USPTO eram realizadas por inventores não residentes nos Estados Unidos. A análise de Rocha e Urraca (2002) sobre as patentes depositadas na EPO para uma amostra de 116 empresas americanas mostrou que 21,8% do total de patentes registradas tinha inventores não residentes nos Estados Unidos.

### **3 Análise da mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil no período pós-abertura**

A verificação sobre a ocorrência de mudança da estrutura e especialização tecnológica no Brasil e a sua natureza será realizada a partir de três exercícios: i) o cálculo do crescimento da VTR por país e campo técnico e de acordo com o nível e dinamicidade da oportunidade tecnológica de cada campo; ii) a análise da posição relativa da estrutura tecnológica brasileira com respeito a três grupos diferentes de países (líderes, seguidores latino-americanos e seguidores asiáticos) nos momentos anterior e posterior à abertura comercial; e iii) uma análise *shift-share*, que examinará a natureza da mudança estrutural de acordo com os seus componentes.

A estrutura tecnológica de cada país foi medida a partir da distribuição do número de patentes por campo técnico cujos inventores registraram na EPO sua residência em cada um dos países contemplados. O número total de patentes que compõe a base de dados para cada país é apresentado na Tabela 1. Para todos os países, contou-se com um número de patentes suficiente para a análise de mudança estrutural, sempre que operando num nível de desagregação de 22 classes tecnológicas. Embora, para alguns países, o número de patentes pareça, em princípio, pequeno (América Latina), normalizando pelo número de habitantes – como medida do tamanho relativo de cada país –, obtêm-se resultados homogêneos para cada grupo. Alguns casos atípicos são o da China e o da Índia que apresentam uma intensidade patenteadora por habitante muito reduzida em relação ao resto de países de seu grupo, que se deriva de um volume de população muito mais elevado em termos relativos.

Embora os países líderes realizem uma atividade inventora muito mais elevada que os países seguidores em termos de número de patentes, os dados

mostram maiores ritmos de crescimento por parte dos países seguidores (coluna 3), tanto os latino-americanos quanto os asiáticos.

Os países latino-americanos tiveram um desempenho mais baixo em termos relativos. Entre os latino-americanos destacam-se, em ordem de importância, Chile, Argentina, México e Brasil. Entre os países asiáticos, destaca-se a decolagem e forte crescimento tecnológico da Coreia do Sul, seguida da China e de Cingapura. Hong-Kong e Taiwan apresentam crescimentos mais moderados, num ritmo mais similar ao registrado pelo conjunto latino-americano.

Tabela 1  
Distribuição do número de patentes por países e intensidade por milhão de hb.

	N. patentes		Cresc. % 78-80/91-05	N.Patentes/hb.	
	78-90	91-05		1990	2000
Brasil	278	1303	368,7	1,9	7,6
USA	123.216	337.372	173,8	492,9	1.224,9
Japão	71.772	213.823	197,9	581,0	1.684,7
Alemanha	102.711	236.325	130,1	1.294,2	2.876,1
França	40.788	89.006	118,2	702,9	1.472,8
Reino unido	35.292	66.902	89,6	613,1	1.119,6
Holanda	13.058	34.451	163,8	873,6	2.164,0
Argentina	84	483	475,0	2,6	13,0
Chile	20	126	530,0	1,5	8,3
Colômbia	30	72	140,0	0,9	1,7
México	99	511	416,2	1,2	5,3
Venezuela	34	140	311,8	1,7	5,8
China	188	3.082	1.539,4	0,2	2,4
Coreia do sul	206	13.211	6.313,1	4,8	279,5
Hong-kong	190	608	220,0	33,3	89,5
Índia	205	1.968	860,0	0,2	1,9
Cingapura	101	1.556	1.440,6	33,1	387,3
Taiwan	510	3.360	558,8	25,2	154,3*

(\*): a população de Taiwan está referida a 1998.

Fonte: EPO, Alan Heston, Robert Summers and Bettina Aten, Penn World Table Version 6.1, Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania (CICUP), Oct. 2002. Elaboração própria.

### 3.1 Mudança e persistência da especialização (VTR)

A especialização tecnológica é medida através da vantagem tecnológica revelada (VTR). Esse indicador permite detectar fortalezas tecnológicas, ou seja, as áreas técnicas onde a quota de patentes nacional é superior à quota mundial. A VTR se calcula como o peso de cada campo técnico sobre o total de patentes do país dividido entre o peso que esse mesmo campo técnico tem sobre o total de

patentes no mundo. Quando o valor da VTR é superior a 1, entende-se que se trata de áreas técnicas onde há especialização. A taxa de variação interperíodos da VTR de cada país para cada campo técnico representa um segundo indicador da mudança da estrutura tecnológica nacional.

A Tabela 2 apresenta a taxa de variação da VTR por classes tecnológicas, estando estas classificadas de acordo com o grau de dinamicidade da oportunidade tecnológica (OT). Considera-se um campo técnico com OT dinâmica aquele no qual a quota de patentes que esse campo representa no mundo registrou uma taxa de variação positiva, ou seja, trata-se de campos técnicos que aumentaram sua quota de patentes mundiais entre os períodos considerados. De outro lado, os campos técnicos com OT estagnadas são aqueles nos quais a taxa de variação da sua quota de patentes no mundo foi negativa.

Como se observa nas duas primeiras colunas da Tabela 2, as classes tecnológicas onde a OT se mostrou mais dinâmica não são, necessariamente, as de maior nível de OT. O nível de OT vem dado pelo peso de cada campo técnico sobre o total de patentes do mundo para todo o período, de forma que o maior nível de patenteamento se corresponde com uma maior possibilidade de explorar esse campo de conhecimento (Laursen, 1999). A dinamicidade da OT indica os campos técnicos que contaram ao longo do período com a possibilidade de explorar “janelas de oportunidades”, o que, em princípio, pode acontecer em setores de alta ou de baixa OT.

Tabela 2  
Taxa de variação da VTR por país e classe tecnológica de acordo com o dinamismo da oportunidade tecnológica interperíodos 1978-1990 e 1991-2005 (Em %)

	Dinami- cidade da OT	OT 78-05	Argentina	BRASIL	Chile	Colômbia	México	Venezuela	EUA	Japão	Alemanha	França	Reino Unido	Holanda	China	Hong Kong	Índia	Cingapura	Coreia do Sul	Taiwan
<i>Setores OT dinâmica</i>																				
Eletrônica	94,50	<b>8,11</b>	16,2	-52,3			-40,2	-75,0	6,2	<b>-14,8</b>	-28,5	-18,6	5,2	<b>-3,1</b>	127,9	-1,6		167,8	<b>115,6</b>	7,1
Bioquímica	63,44	2,76		<b>9,2</b>			<b>-63,4</b>		<b>8,7</b>	<b>-46,7</b>	8,8	18,7	<b>35,6</b>	40,4	<b>-11,0</b>		<b>-38,7</b>	201,8	<b>-54,9</b>	57,9
Art. Saúde e Salvamento	51,29	<b>8,41</b>	<b>-20,1</b>	<b>-11,4</b>		<b>51,5</b>	<b>-41,2</b>	<b>-42,2</b>	<b>13,8</b>	-27,6	-14,2	26,8	<b>10,8</b>	-3,6	-15,3	-50,4	<b>47,1</b>	-27,9	<b>-59,9</b>	-17,9
Papel, celulose e prods. Papel	13,63	0,48		747,9			<b>-14,8</b>		-11,0	-3,7	<b>32,6</b>	-24,1	-18,5	-18,8	<b>-81,2</b>		<b>-72,5</b>		-79,2	
Motores e bombas	10,65	2,72	<b>-16,2</b>	<b>-26,1</b>	<b>-89,2</b>		92,6	<b>-78,1</b>	-11,0	<b>9,1</b>	<b>30,8</b>	-13,9	-10,2	-45,4	<b>-77,4</b>	-71,8	3,6	-58,9	-30,6	-32,8
Instrumentos	9,88	<b>17,61</b>	-39,6	-36,0			146,8	-26,3	<b>-3,9</b>	<b>-10,6</b>	1,9	-4,4	3,6	17,1	7,2	-27,3	132,3	24,7	126,0	56,1
Impressão	6,02	1,88		-59,6			<b>-54,3</b>	<b>-77,1</b>	-12,0	<b>26,5</b>	-20,0	-10,3	0,0	13,8	3,6	121,1		89,8	16,6	<b>-50,8</b>
Art. uso Pessoal e Brinquedos	5,41	2,86	197,0	32,0			<b>-44,9</b>	-53,9	-3,0	-5,7	-9,3	<b>6,3</b>	0,2	8,3	<b>9,9</b>	<b>46,0</b>	18,6	<b>-69,2</b>	<b>-69,5</b>	<b>-23,5</b>
Transporte	1,74	<b>8,01</b>	113,7	18,6		-100,0	-4,8	19,4	-6,9	15,5	<b>28,3</b>	<b>3,3</b>	<b>-24,8</b>	-9,8	-49,3	16,7	-46,2	-56,3	-66,1	-31,1
<i>Setores OT estagnada</i>																				
Eletricidade	-0,75	<b>9,13</b>	22,7	91,8		<b>-79,0</b>	121,2	-2,1	-13,2	<b>12,3</b>	2,1	-12,7	-19,9	-18,6	39,5	<b>-48,4</b>	-43,3	<b>14,3</b>	<b>-1,5</b>	59,8
Construção	-12,89	2,78	-20,1	-1,7		-4,3	-55,5	<b>-90,7</b>	-3,9	-3,5	<b>30,2</b>	<b>-8,2</b>	<b>1,7</b>	<b>-23,5</b>	334,1	7,6		<b>-62,7</b>	-42,9	<b>-38,8</b>
Separação e Misturas	-13,11	3,16		<b>-32,6</b>	<b>46,1</b>	-4,1	56,1		-2,4	3,0	<b>8,4</b>	<b>21,2</b>	9,2	-10,1	26,4	259,6	-37,1	-67,6	144,6	-53,4
Iluminação, Refrigeração e Aquecimento	-13,86	2,05	<b>-39,4</b>	119,6			169,9		-7,8	39,5	<b>14,8</b>	<b>-12,1</b>	-15,0	-5,2	95,9	33,0	-63,7	-24,6	121,6	<b>16,7</b>
Alimentos e Fumo	-15,46	1,14	<b>-10,9</b>	710,5			404,2	<b>-71,3</b>	-19,7	-2,2	14,4	-2,4	17,5	<b>25,0</b>	181,4	343,6		145,7	-26,4	-53,3
Máquinas e ferramentas	-18,68	<b>5,30</b>	-41,2	10,6	<b>-80,5</b>	105,0	352,7	<b>-30,3</b>	-1,9	11,1	<b>17,5</b>	-11,2	-26,4	-18,5	-23,7	121,0	19,6	17,1	113,0	<b>-29,2</b>
Agricultura	-18,92	1,45	<b>-53,5</b>	<b>-1,9</b>	<b>-2,1</b>	<b>19,9</b>	-4,4		22,4	35,5	1,3	<b>-2,3</b>	<b>-10,8</b>	<b>23,0</b>	-17,2	2,8		<b>-88,0</b>	-61,8	27,3
Metalurgia	-20,17	1,62	-45,5	-71,9	<b>59,1</b>	-100,0	<b>-23,2</b>		<b>-22,2</b>	<b>-2,1</b>	-5,9	-20,6	-34,8	-36,3	<b>-73,6</b>	56,6	-25,0	-10,6	211,6	-27,8
Engenharia, cc. nuclear e armamento	-23,57	3,97	423,4	98,9	-86,2		69,0	-36,4	-21,3	36,9	<b>35,9</b>	<b>-6,8</b>	-15,6	-13,7	<b>9,9</b>		36,3	-76,2	-30,3	40,4
Perfuração e Mineração	-26,82	0,46	-76,2	<b>40,5</b>			-100,0	<b>43,8</b>	<b>9,7</b>	-22,9	-17,2	-19,9	<b>64,1</b>	149,4	-91,7	-100,0		-86,7	-91,4	
Têxtil e materiais flexíveis	-29,32	1,43	121,4	<b>31,3</b>	<b>-100,0</b>		<b>-81,7</b>		10,9	-9,5	<b>7,8</b>	-1,8	-3,4	-22,6	25,1		-61,7		91,6	77,9
Química orgânica e inorgânica	-31,81	<b>14,06</b>	<b>-29,5</b>	17,8	388,8	<b>-67,1</b>	62,6	78,1	<b>-0,4</b>	0,3	<b>-7,7</b>	28,8	22,3	2,8	-1,9	-8,3	<b>-8,7</b>	-22,4	<b>-44,5</b>	84,9
Química do petróleo e do carbono	-42,41	0,60	<b>-39,6</b>	-7,1	-100,0		-66,4	<b>51,8</b>	<b>-9,7</b>	39,9	-22,7	41,1	91,6	<b>-13,3</b>	<b>-22,3</b>		207,5	<b>12,7</b>	-53,5	-38,5
Índice de persistência			0,296	0,467	0,214	0,167	0,417	0,231	0,750	0,857	1	0,857	0,667	0,833	0,667	0,5	0,5	0,222	0,25	0,667
Índice de mobilidade			0,714	0,533	0,786	0,833	0,583	0,769	0,250	0,143	0	0,143	0,333	0,167	0,333	0,5	0,5	0,778	0,75	0,333

Nota: (negrito), indica onde o país registrou especialização no período inicial; (sombreado), indica onde o país registrou especialização no período final. Os espaços vazios se devem à ausência de atividade patenteadora no período inicial no campo técnico correspondente.

Fonte: EPO. Elaboração própria.

Entre os setores com OT baixa, contaram com “janelas de oportunidades” os setores de Bioquímica, Papel e Celulose, Motores e Bombas, Impressão e Artigos de Uso Pessoal e Brinquedos e entre os setores com OT elevada, contaram com janelas de oportunidade os setores de Eletrônica, Artigos de Saúde e Salvamento, Instrumentos e Transporte.

Para avaliar o grau de mobilidade e de persistência, foi identificado o número de campos técnicos onde os países tiveram especialização no período inicial ( $C_i$ ), onde houve especialização no período final ( $C_f$ ) e onde a especialização se manteve entre os dois períodos ( $C_{if}$ ). A partir daí, definem-se o índice de persistência como  $IP = \frac{C_{if}}{C_i}$  e o índice de mobilidade como  $IM = 1 - IP$ ,

onde  $C_t = C_i + C_f + C_{if}$ , ou seja, o total de campos técnicos onde houve especialização, bem no período inicial, bem no período final ou em ambos os períodos. Ambos os índices variam entre 0 e 1. No caso de IP igual a 1, o IM será igual a 0 e significa que a especialização se manteve em todos os campos técnicos onde o país registrou especialização no período inicial, e a persistência será máxima. No caso de IP igual a 0, o IM será igual a 1. Isso significa que o país abandonou totalmente o padrão de especialização do período inicial partindo para uma especialização totalmente diferente no período final, em cujo caso a mobilidade será máxima.

Um primeiro encontro que se revela da observação da Tabela 2 é que os países latino-americanos registraram uma mobilidade entre campos tecnológicos muito superior à apresentada pelos países líderes e asiáticos assim como taxas de variação da especialização também superiores às apresentadas pelos outros dois grupos em termos gerais. Os índices de persistência são especialmente baixos nos casos de Argentina, Chile, Colômbia e Venezuela (entre 0,1 e 0,3) e um pouco superiores nos casos de México e Brasil (entre 0,4 e 0,5).

Os países latino-americanos se mantiveram em especializações onde tradicionalmente detinham vantagem comparativa, como são Artigos de Saúde e Salvamento e Agricultura no caso geral. O Brasil manteve a especialização, ademais, em Bioquímica, Motores e Bombas, Perfuração e Mineração, Têxtil e Materiais Flexíveis e Química do Petróleo e do Carbono.

Esses países direcionaram sua especialização para alguns dos setores de OT dinâmica, como são os casos da Bioquímica para todo o conjunto; Papel e Celulose e Produtos de Papel para Brasil, Chile, Colômbia e México; Artigos de Uso Pessoal e Brinquedos para todos eles, exceto para Venezuela; e Transporte para Brasil e Argentina. O movimento para esses campos técnicos permitiu o aproveitamento das janelas de oportunidade no crescimento da sua quota de patentes.

No entanto, eles também se movimentaram para setores que apresentaram OT estagnada. São os casos de Brasil e México para Iluminação e Refrigeração; Brasil, Chile e México para Alimentos e Fumo; Argentina e Brasil para Engenharia; Argentina e Colômbia para Têxtil e Materiais Flexíveis; ou Chile, México e Venezuela para Química Orgânica e Inorgânica.

De outro lado, algumas especializações foram abandonadas. Dentro do grupo de campos técnicos de OT dinâmica, houve fortes quedas da taxa de variação que levaram ao desaproveitamento de janelas de oportunidade nos casos específicos de Chile e Venezuela em Motores e Bombas e de México e Venezuela em Impressão. São também relevantes e mais frequentes as perdas de especialização em campos técnicos que apresentaram OT estagnada. Alguns exemplos são as saídas de Argentina, Brasil e Colômbia de Metalurgia; de Brasil de Separação e Misturas; de Argentina e México de Perfuração e Mineração; de Chile e México de Têxtil e Materiais Flexíveis; de Argentina e Colômbia de Química Orgânica e Inorgânica ou de Argentina, Chile e México de Química do Petróleo e do Carbono.

A principal característica do Brasil é o aproveitamento de janelas de oportunidade que se abriram desde inícios dos anos 1990. No período prévio, o Brasil contava com especialização em três dos nove campos técnicos que se revelaram como mais dinâmicos. Durante o período, ele manteve essas especializações e ainda se especializou em outros três campos. Desde uma perspectiva menos otimista, o Brasil não caminhou para os campos técnicos que ademais representam elevadas OT, salvo no caso do Transporte, isto é, reduziu sua já pequena participação relativa em Eletrônica e Instrumentos.

O dinamismo patenteador do Brasil entre períodos também tem seu reflexo nos setores de OT estagnada. No período inicial, o país estava especializado em seis dos treze campos técnicos de menor dinamismo na OT. No final do período, manteve a especialização em quatro dos seis campos técnicos onde se especializou e, embora tenha perdido especialização em Separação e Misturas e Metalurgia, ganhou especialização em Iluminação e Refrigeração, Alimentos e Fumo e Engenharia.

Em conjunto, o Brasil revelou um dinamismo no seu processo de criação de competências que o levou a diversificar sua base técnica e a aproveitar algumas das janelas de oportunidade que se abriram. Não obstante, esse dinamismo não permitiu que o Brasil entrasse nos setores de maiores oportunidades tecnológicas, mantendo-se não especializado em setores-chave como Eletrônica, Eletricidade, Instrumentos ou Máquinas e Ferramentas.

Os países líderes se caracterizam por menores taxas de variação da oportunidade tecnológica e por uma forte persistência dos seus padrões de especialização, provavelmente relacionada com a liderança tecnológica de firmas

atuantes nos campos técnicos onde esses países se encontram especializados. O índice de persistência toma valor igual a 1 no caso de Alemanha, valores superiores a 0,8 nos casos de Japão, França e Holanda e superiores a 0,6 nos casos de EUA e Reino Unido. Isso significa que o efeito da acumulação tecnológica sobre a direção da mudança técnica futura é especialmente poderoso em países com vantagens tecnológicas consolidadas. A forte persistência da especialização desses países conduziu a um desaproveitamento das janelas de OT que se abriram entre períodos em campos técnicos onde não havia especialização inicial, como tampouco permitiu a saída de campos técnicos que se mostraram estagnados e onde esses países mostraram especialização inicial.

Os poucos casos observados de mobilidade são as saídas de EUA de Alimentos e Fumo e Agricultura; de Japão de Bioquímica; de Reino Unido de Engenharia; e de Holanda de Eletricidade. O único caso observado de ganhos de especialização é Reino Unido em Alimentos e Fumo e em Química do Petróleo e do Carbono.

Uma diferença importante com respeito ao grupo latino-americano é que os países líderes ocupam em maior medida especializações em campos técnicos de elevada OT, tanto se esta mostrou dinâmica (Japão, França e Holanda em Eletrônica; Alemanha, França e Reino Unido em Transporte; EUA e Japão em Instrumentos; EUA e Reino Unido em Artigos da Saúde e Salvamento) como se mostrou estagnada (Japão em Eletricidade; Alemanha em Máquinas e Ferramentas ou EUA e Alemanha em Química Orgânica e Inorgânica).

O grupo dos países asiáticos apresenta elevadas taxas de variação de seus índices de especialização. Esse dinamismo levou-os a maiores índices de mobilidade que os registrados para o grupo dos líderes, embora inferiores aos registrados pelo conjunto latino-americano. Os índices de persistência mais baixos são os registrados por Cingapura (0,2) e Coreia do Sul (0,25). Hong-Kong e Índia apresentaram IP igual a 0,5 e China e Taiwan, superior a 0,6.

Como nos grupos anteriores, a persistência do grupo dos asiáticos está relacionada com vantagens tecnológicas e produtivas tradicionais dos países. São exemplos: Coreia do Sul em Eletrônica e Eletricidade; China, Hong-Kong e Taiwan em Artigos de Uso Pessoal e Brinquedos; ou China em Química do Petróleo e do Carbono.

A mobilidade entre classes tecnológicas se caracterizou mais pela saída de especializações iniciais que pela aquisição de novas especializações, o que, em conjunto, levou a uma concentração da especialização ou consolidação de vantagens em um menor número de classes tecnológicas. O efeito deste tipo de movimento levou a um desaproveitamento de janelas de oportunidade, mas também levou à saída de classes tecnológicas que se mostraram estagnadas entre períodos.

Tabela 3  
Coeficientes de correlação entre VTR crescimento tecnológico.

	VTR <sub>F</sub> -P <sub>ij</sub> (1)	VTR <sub>F</sub> -N <sub>ij</sub> (2)	VTR <sub>I</sub> -P <sub>ij</sub> (3)	VTR <sub>I</sub> -P <sub>ij</sub> (4)
Brasil	0.68	0.72	-0.32	-0.32
Países líderes				
Estados Unidos	0.36	0.36	0.03	0.16
Japão	0.19	0.37	-0.20	0.30
Alemanha	0.83	0.15	0.44	-0.16
França	0.22	-0.07	-0.36	-0.28
Reino Unido	0.88	0.35	0.27	0.01
Holanda	0.51	0.30	0.07	-0.01
América Latina*	0.11	-0.02	-0.19	-0.17
Asiáticos** (exceto Coréia do Sul)	0.55	0.60	-0.20	-0.10
Coréia do Sul	0.51	0.68	-0.46	-0.28

(\*): inclui Argentina, Chile, Colômbia, México e Venezuela.

(\*\*): inclui China, Hong-Kong, Índia, Taiwan e Cingapura.

Nota: VTR<sub>F</sub> e VTR<sub>I</sub>, especialização no período final e inicial respectivamente; (P<sub>ij</sub>), crescimento da quota de patentes da classe i do país j; (N<sub>ij</sub>), número de patentes da classe i do país j.

Uma segunda análise da persistência e mudança estrutural da especialização tecnológica é avaliar se a especialização tecnológica final foi decorrente da atividade desenvolvida ao longo do período. Para isso, foi calculada a correlação da VTR do período final e inicial com o crescimento de patentes (o das quotas) por campo técnico (Tabela 3). De acordo com Archibugi e Pianta (1992, p. 83), o coeficiente de correlação mede como de próximo e o padrão de especialização de um país com relação à distribuição do crescimento de sua quota de patentes. A correlação realizada sobre o padrão de especialização final indicaria se a trajetória da atividade inovadora determina a especialização. A correlação realizada sobre o padrão de especialização inicial indica se existe determinismo na direção da mudança tecnológica, isto é, se existe persistência.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, o padrão de especialização final está positivamente correlacionado com distribuição do crescimento de sua quota de patentes. São especialmente elevados os índices nos casos de Alemanha, Reino Unido e, em menor medida, Brasil, os países asiáticos e Holanda. A hipótese de persistência, por outra parte, parece ficar rejeitada. Salvo para o caso de Alemanha, onde a persistência se confirma, os coeficientes de correlação são muito pequenos ou tomam sinal negativo, ou seja, quanto menor o valor da VTR do período inicial, maior o crescimento da quota de patentes (o das patentes). Isso significa que, para países como Brasil, França, o grupo de países latino-americanos e todo o grupo dos asiáticos, a VTR inicial não determinou seu



padrão de crescimento interperíodos, incluso para um nível de desagregação relativamente pequeno (apenas 22 campos técnicos).

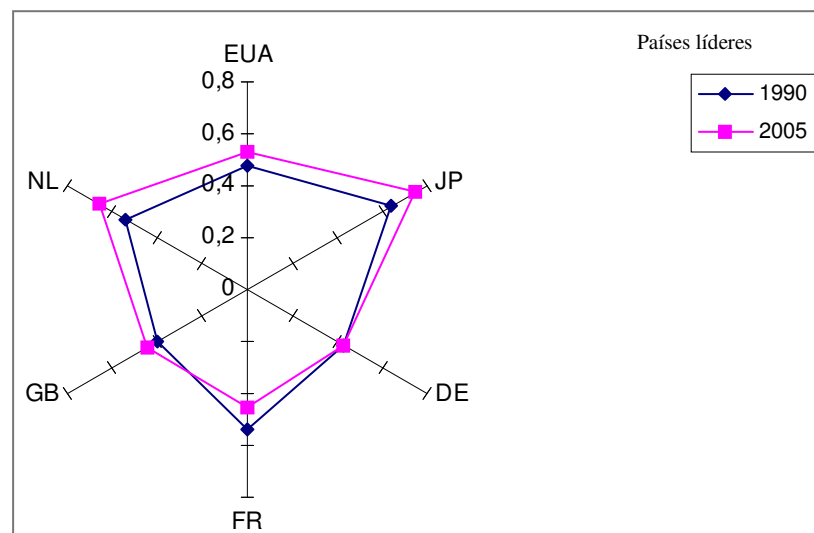
### 3.2 Mudança da posição relativa do Brasil interperíodos (1978-1990; 1991-2005)

A posição de Brasil com relação a cada país antes e depois da abertura é determinada a partir de um “índice de semelhança” sugerido por Myro e Alvarez (2003). O índice permite identificar se um país segue uma distribuição de competências similar ou divergente à apresentada pelo país de referência. O índice se define como:

$$IS_{jk} = \sum_i |s_{ij} - s_{ik}|$$

onde  $s_{ij}$  representa o peso da classe tecnológica  $i$  no total de patentes do país  $j$  e  $s_{ik}$ , o peso dessa mesma classe tecnológica no país de referência. O índice oscila entre 0 e 2. Quanto mais próximo de 0, maior a semelhança entre estruturas tecnológicas e quanto mais próximo de 2, maiores as diferenças entre ambas. Os índices foram calculados para 22 classes tecnológicas e para os dois momentos de tempo contemplados diferentes: o pré-abertura (1978-1990) e o pós-abertura (1991-2005). Os resultados são apresentados nos Gráficos 1, 2 e 3.

Gráfico 1  
Evolução do índice de semelhança da estrutura tecnológica do Brasil com países líderes entre períodos (1978-1990 e 1991-2005)



Fonte: EPO. Elaboração própria.

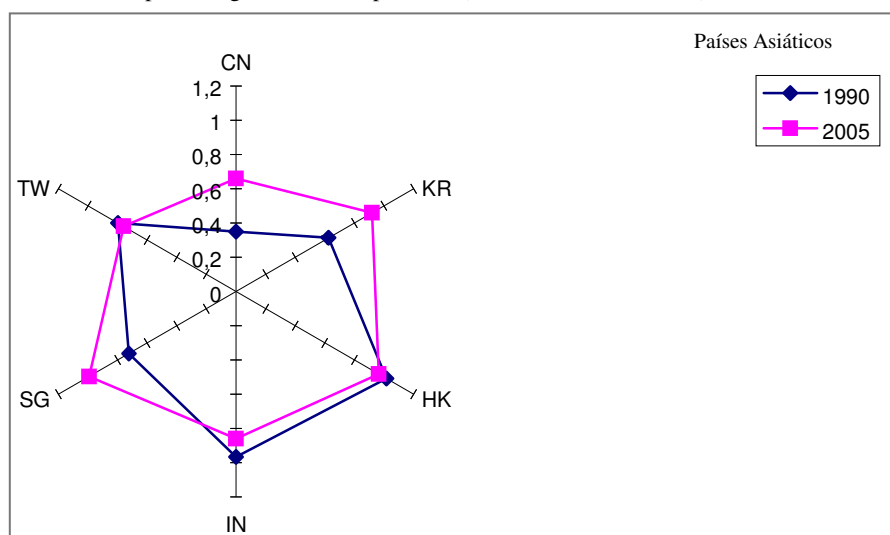
O Gráfico 1 mostra a evolução do índice de semelhança da estrutura tecnológica do Brasil com cada um dos países líderes. Em conjunto, o Brasil aumentou a distância da sua estrutura tecnológica com respeito ao conjunto de

países líderes. O Brasil reduziu sua distância com a França e manteve sua semelhança com a Alemanha. Com respeito aos países onde as distâncias eram mais elevadas no período 1978-1990 (Estados Unidos, Japão e Holanda com valores em torno de 0,6), o Brasil aumentou suas diferenças, sendo especialmente relevante o maior distanciamento com o Japão (0,8). As diferenças aumentam também com o Reino Unido, embora em menor medida.

As diferenças observadas entre a estrutura tecnológica brasileira e as apresentadas pelos países asiáticos no período pré-abertura são mais fortes que as mantidas com os países líderes, existindo fortes diferenças entre eles. Os índices registrados tomam valores em torno à unidade com Índia e Hong-Kong; de 0,8 com Taiwan; entre 0,6 e 0,8 com Cingapura; de 0,6 com Coréia do Sul e de 0,4 com a China (Gráfico 2).

Em conjunto, o Brasil também registrou um aumento das distâncias entre sua estrutura tecnológica e a dos países asiáticos, mas em contraposição com o observado para os países líderes, as maiores mudanças aconteceram nos países onde as diferenças eram inicialmente menores. Assim, com China e Coréia do Sul, o índice de semelhança no período 1991-2005 passou a ser de 0,7 e 0,9, respectivamente. As diferenças aumentaram também com Cingapura, embora a semelhança inicial fosse também menor.

Gráfico 2  
Evolução do índice de semelhança da estrutura tecnológica do Brasil com países seguidores entre períodos (1978-1990 e 1991-2005). Ásia

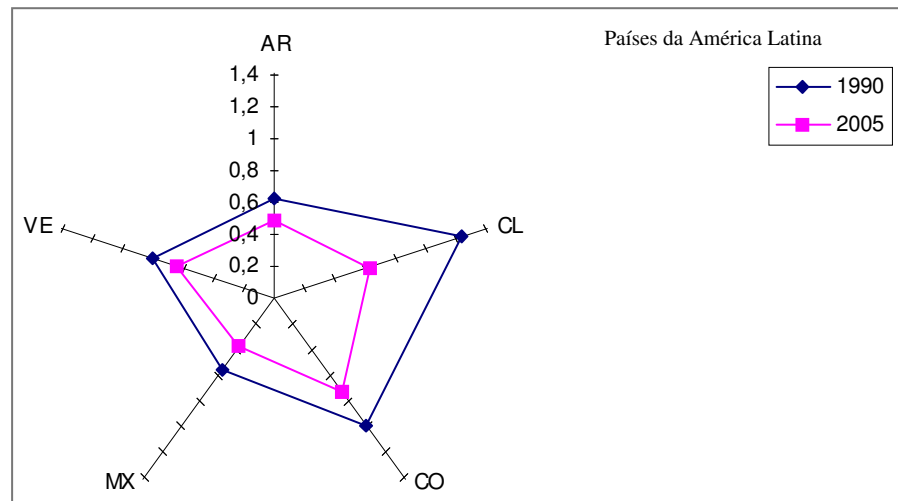


Fonte: EPO. Elaboração própria.

Essas mudanças sugerem que: i) o Brasil mantinha um padrão de distanciamento muito similar entre os países asiáticos; ii) o Brasil seguiu um

padrão de desenvolvimento tecnológico diferente do seguido pelos países asiáticos, especialmente daqueles registrados pelos países mais dinâmicos e que representam exemplos de ‘captura tecnológica bem-sucedida’ na combinação de esforços tecnológicos próprios com transferência de conhecimento exterior.

Gráfico 3  
Evolução do índice de semelhança da estrutura tecnológica do Brasil com países seguidores entre períodos (1978-1990 e 1991-2005). América Latina



Fonte: EPO. Elaboração própria.

Um padrão de comportamento diferente é observado na comparação com o conjunto de países latino-americanos. No período pré-abertura, o Brasil mantinha índices de semelhança em torno de 0,4 e 0,6 com México e Argentina, respectivamente. Paralelamente, apresentava fortes diferenças com Chile, Colômbia e Venezuela, com índices de semelhança de 1,2, 0,7 e 0,8 respectivamente.

Sem embargo, no período pós-abertura, o Brasil reduziu suas distâncias tecnológicas com esses países. Reduções importantes foram as registradas com respeito ao Chile, em que o IS se reduziu à metade, Colômbia e Venezuela. Dessa forma, a estrutura tecnológica brasileira foi se parecendo mais com a estrutura apresentada pelos seus vizinhos mais próximos, sendo as distâncias mantidas com esse grupo de países as mais reduzidas dos três grupos contemplados.

A mudança da estrutura tecnológica girou em torno de um padrão de especialização característico da América Latina, baseado em tecnologias relacionadas com a extração e transformação de recursos minerais, assim como outras relacionadas com atividades intensivas em fator trabalho. A mudança estrutural brasileira se distancia de outros padrões orientados ao desenvolvimento

de tecnologias intensivas em conhecimento (químicas) e com um caráter mais permeável (eletrônicas) como são os seguidos pelos países líderes e os asiáticos.

### 3.3 Decomposição estrutural do crescimento tecnológico

Uma forma tradicional de analisar mudança estrutural é a aplicação da decomposição estrutural ou análise *shift-share*. No caso da tecnologia, o ponto de partida é o incremento da quota de patentes de um país entre dois períodos. A decomposição estrutural permite saber se o crescimento (ou queda) da quota de patentes se deve aos seguintes efeitos (Laursen, 1999):

(i) *Efeito de quota tecnológica*; ou a parte do crescimento que se deve ao dinamismo de sua atividade patenteadora em sentido estrito (tecnológica em sentido amplo), ou seja, mantendo constante o peso do campo técnico do período inicial;

(ii) *Efeito tecnológico estrutural*; ou a parte do crescimento que se deve a um “correto” (ou “incorreto”) padrão de especialização tecnológica, isto é, se no período inicial o país se encontrava especializado (ou des-especializado) em campos técnicos que se mostraram dinâmicos (ou estagnados) entre os períodos observados;

(iii) *Efeito tecnológico de adaptação*: mede se um país está ganhando (ou perdendo) quota de patentes devido a um movimento de entrada (ou saída) nos setores mais dinâmicos ou de saída (ou entrada) dos setores mais estagnados. Este efeito pode ser, portanto, decomposto em dois subefeitos: (i) o “efeito adaptação de crescimento tecnológico”, que será positivo se o país se movimenta para campos técnicos dinâmicos e negativo se entra em campos técnicos estagnados; e (ii), o “efeito adaptação de estagnação tecnológica”, que terá sinal positivo se o país sai de campos técnicos estagnados e negativo se sai de campos técnicos dinâmicos.

Cada um desses componentes pode ser estimado da seguinte maneira: denotando como  $t-1$  o período inicial e  $t$  o período final,  $\Delta$  a variação interperíodos e  $P_{ij}$  o total de patentes depositadas pelo país  $j$  no campo técnico  $i$ , define-se (Laursen, 1999):

$$p_j = \frac{\sum_i P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}, \text{ ou a quota de patentes do país } j \text{ sobre o total de patentes}$$

mundiais;

$$p_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_j P_{ij}}, \text{ ou a quota de patentes do país } j \text{ no campo técnico } i;$$

$$o_i = \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}, \text{ ou a quota de patentes do campo técnico } i \text{ sobre o total de}$$

patentes mundiais.

De forma que:

$$\Delta p_j = \sum_i (\Delta p_{ij} o_i^{t-1}) + \sum_i (p_{ij}^{t-1} \Delta o_i) + \sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i + |\Delta o_i|)/2) + \sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i - |\Delta o_i|)/2)$$

Os quatro somatórios da identidade anterior se correspondem com os quatro efeitos definidos: (1) Efeito quota tecnológica; (2) Efeito tecnológico estrutural; (3) Efeito adaptação do crescimento tecnológico; (4) Efeito adaptação da estagnação tecnológica. Na medida em que o crescimento de patentes pode ser usado como medida da oportunidade tecnológica, os três últimos fatores representam uma medida do acesso de um país dado a setores com um grau relativamente elevado de oportunidade tecnológica.

Se o efeito estrutural de um país for positivo e alto, isso significa que o país estava especializado “corretamente” no período inicial (setores que experimentaram dinamicidade na oportunidade tecnológica), o qual é também uma medida de “persistência” em sentido positivo ou negativo. Se os três últimos efeitos são elevados e positivos, significa que o país se movimentou ativamente (acima da média) para setores com oportunidade tecnológica dinâmica ou saiu ativamente de setores que registraram oportunidade tecnológica estagnada.

A Tabela 4 apresenta os resultados da decomposição do crescimento tecnológico para os países e grupos observados. O Brasil registrou um forte incremento da sua quota de patentes no mundo entre ambos os períodos (80%). Em grande medida, esse crescimento se deveu ao “efeito quota tecnológica”, isto é, ao dinamismo de sua atividade inovadora. Sua distribuição setorial inicial não contribuiu para o crescimento de sua quota de patentes, dados o sinal negativo e o baixo valor do “efeito estrutura tecnológica”. Isso significa que o Brasil não contava no período inicial com uma “correta especialização tecnológica” no sentido que não pode aproveitar o impulso da abertura de “janelas” de oportunidade tecnológica de determinados campos técnicos, porque não estava especializado nelas. O efeito adaptação-crescimento é positivo, o que significa que o Brasil se movimentou para setores com forte crescimento (Papel e Celulose), mas o efeito adaptação-estagnação é negativo, o que significa que ele também saiu de setores com oportunidades dinâmicas, sendo este um efeito superior ao anterior.

Tabela 4  
Decomposição do crescimento tecnológico

	Quota 78-90 (%)	Quota 91-05 (%)	Efeito Total (%)	Efeito quota tecnológica	Efeito estrutura tecnológica	Efeito adaptação- crescimento	Efeito adaptação- estagnação
Brasil	0.062	0.112	82.02	91.062	-1.055	5.444	-13.433
Países líderes							
Estados Unidos	27.277	29.108	6.71	3.625	1.597	1.848	-0.358
Japão	15.889	18.449	16.11	15.457	3.487	-0.696	-2.138
Alemanha	22.738	20.390	-10.33	-5.755	-3.398	-2.128	0.955
França	9.030	7.679	-14.95	-14.329	0.423	-1.840	0.793
Reino Unido	7.813	5.772	-26.12	-25.994	-0.121	-2.189	2.186
Holanda	2.891	2.972	2.82	1.104	1.152	0.678	-0.109
América Latina*	0.059	0.115	94.43	98.496	0.808	8.915	-13.787
Asiáticos** (exceto Coréia do Sul)	0.264	0.912	202.91	239.840	-0.666	33.461	-27.485
Coréia do Sul	0.046	1.140	2375.40	2153.447	2.593	402.298	-182.937

(\*): inclui Argentina, Chile, Colômbia, México e Venezuela.

(\*\*): inclui China, Hong-Kong, Índia, Taiwan e Cingapura.

Fonte: EPO. Elaboração própria.

No grupo dos países líderes se observam dois padrões. Por um lado, Estados Unidos, Japão e Holanda aumentaram suas quotas de patentes, enquanto Alemanha, França e Reino Unido as reduziram. O bom desempenho do primeiro grupo se deve tanto ao efeito quota tecnológica, especialmente relevante no Japão, quanto ao efeito estrutural. O efeito adaptação-crescimento foi positivo e, embora o adaptação-estagnação fosse negativo, este não compensou o anterior.

O mau desempenho do segundo grupo se deve especialmente ao escasso dinamismo de sua formação de competências entre períodos (efeito quota tecnológica negativo) e a uma especialização tecnológica que não puxou o crescimento total. Esse efeito é particularmente relevante no caso da Alemanha. Os efeitos adaptação também foram adversos. Os três países se movimentaram para setores estagnados e, embora tenham saído de setores estagnados, o primeiro efeito foi mais forte.

O grupo de países latino-americanos teve um crescimento positivo num nível similar ao registrado pelo Brasil (94%). Também como no caso brasileiro, os países deveram mais esse crescimento a seu dinamismo tecnológico que ao efeito estrutural, neste caso positivo, mas com valor baixo. O efeito adaptação-crescimento foi positivo, mas o efeito estagnação foi negativo e superior ao anterior. Assim, como no caso brasileiro, os países latino-americanos entraram e saíram de setores dinâmicos, mas a saída teve um efeito maior.

Finalmente, os países asiáticos e Coreia do Sul se caracterizaram por um elevadíssimo crescimento de sua quota mundial de patentes, especialmente espetacular no caso coreano. Em ambos os casos, o crescimento se deveu a um fortíssimo dinamismo tecnológico que, como na América Latina, levou os países a entrarem e saírem de campos técnicos dinâmicos. Mas contrariamente ao caso latino-americano, o efeito adaptação-crescimento foi superior (muito superior no caso coreano) ao efeito estagnação. A única diferença entre Coreia do Sul e o resto do grupo de asiáticos é que o primeiro registrou efeito estrutural positivo, isto é, contou ademais com uma distribuição mais favorável das quotas de patentes, podendo aproveitar o crescimento de certos campos técnicos onde o país estava especializado.

### **Conclusões**

Este trabalho tinha como objetivo mostrar as mudanças registradas nos índices de especialização tecnológica do Brasil, num nível de agregação de 22 campos técnicos, com relação a três grupos de países (latino-americanos, asiáticos e líderes) entre os períodos prévio (1978-1990) e posterior (1991-2005) ao processo de liberalização comercial de início dos anos 1990. Para isso, foi utilizada a base de dados da Oficina Europeia de Patentes (EPO) entre 1978 e 2005 e aplicados indicadores de especialização, persistência e mobilidade, assim como uma análise *shift-share* para examinar os componentes de mudança estrutural entre períodos.

O trabalho revelou que o Brasil registrou mudança estrutural no seu padrão de especialização, apesar de mostrar persistência em setores que, por sua especialização produtiva, representam vantagens tecnológicas tradicionais (Artigos da Saúde e Salvamento, Agricultura, Motores e Bombas, Perfuração e Mineração ou Química do Petróleo e do Carbono). O Brasil diversificou sua base técnica dirigindo-se tanto para classes tecnológicas que apresentaram OT dinâmica quanto estagnada. Especialmente relevantes foram as entradas em Papel e Celulose e Transporte (dinâmica) ou Iluminação e Refrigeração, Alimentos e Fumo e Engenharia (estagnadas).

Apesar de trabalhar com um elevado grau de agregação, o Brasil registrou movimentação entre classes tecnológicas, o que lhe permitiu aproveitar as janelas de oportunidade que se abriram entre os períodos contemplados. No final do período, Brasil estava especializado em 6 das 9 classes tecnológicas que registraram maior dinamismo da OT. No entanto, o país não conseguiu ocupar posições satisfatórias em setores de maior nível de OT, deixando de aproveitar a entrada em campos técnicos como Eletrônica ou Instrumentos. De outro lado, a saída de setores de OT estagnada foi compensada com a entrada em outros setores também de OT estagnada.

A mudança da posição relativa de Brasil entre períodos revela que a estrutura tecnológica brasileira ficou mais similar à apresentada por seus vizinhos latino-americanos e mais diferenciada daquela apresentada pelos países asiáticos e líderes. Especialmente relevantes foram os distanciamentos com Coréia do Sul, China e Cingapura e a aproximação com o Chile.

A análise *shift-share* mostra que a movimentação entre classes tecnológicas aconteceu por um forte dinamismo da atividade inventiva do país refletida no “efeito da quota tecnológica”. O efeito estrutural foi baixo, o que significou um limite às possibilidades de aproveitamento de janelas de oportunidade por não contar com uma “correta” especialização tecnológica inicial. Nesse sentido, as hipóteses da acumulação tecnológica sobre o fenômeno da persistência e *spillovers* entre tecnologias se confirmam, dado que a entrada como inovador em determinados campos técnicos exige capacitações prévias nessas tecnologias ou em tecnologias relacionadas. A dificuldade de o Brasil entrar em campos técnicos como Eletrônica ou Instrumentos, por exemplo, se explica em boa parte pela persistência da deficiência de esforços em inovação desenvolvidos no passado nesses domínios tecnológicos.

O *shift-share* mostra também que os efeitos de adaptação seguiram sinais contrários, isto é, movimento de entrada e saída de setores com oportunidades tecnológicas dinâmicas, sendo que o efeito de saída superou o de entrada.

Finalmente, a análise encontrou evidência sobre os cenários nos quais a persistência é relevante. Os países líderes mostraram uma forte persistência de seu padrão de especialização, o que não foi registrado para os conjuntos latino-americano e asiático. Assim, o efeito da acumulação tecnológica se revela como muito importante entre líderes, isto é, quando as competências tecnológicas representam, na verdade, fortalezas, tal como foi apontado por Malerba et al. (1997). A persistência, nesse sentido, reproduz a heterogeneidade entre países líderes e seguidores, os quais se movimentam entre classes tecnológicas (maior grau de turbulência) na busca da consolidação de suas fortalezas tecnológicas. No entanto, as hipóteses sobre persistência deveriam ser ainda comprovadas para maiores níveis de desagregação.

### **Bibliografia**

ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. *The technological specialization of advanced countries*. Commission of European Community. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1992.

COHEN, W. M. Empirical studies of innovative activity. In: STONEMAN, P. (Ed.). *Handbook of the economics of innovation and technological change*. Oxford: Blackwell Publishers LTD, 1995. p. 183-264.

\_\_\_\_\_; KLEPPER, S. The anatomy of industry R&D distributions. *American Economic Review*, v. 82, n. 4, p. 773-799, 1992.



- COHEN, W. M. A reprise of size and R&D. *Economic Journal*, v. 106, p. 925-951, Jul. 1996.
- DASGUPTA, P.; STIGLITZ, J. E. Industrial structure and the nature of innovative activity. *Economic Journal*, v. 90, n. 358, p. 266-293, 1980.
- DE NEGRI, J. A.; SALERNO M. S. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. Brasília: Ipea, 2005.
- GLANZEL, M. W.; SCHMOCH U. (Ed.). *Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patent statistics in studies of S&T systems*. Dordrecht, London: Kluwer Academic, 2004.
- GRUPP, H.; SCHOMACH, U. Patent statistics in the age of globalization: new legal procedures, new analytical methods, new economic interpretation. *Research Policy*, v. 28, p. 377-396, 1999.
- LAURSEN, K. The impact of technological opportunity on the dynamics of trade performance. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 10, p. 341-357, 1999.
- KAMIEN, M. I.; SCHWARTZ, N. L. Market structure, elasticity of demand and incentive to innovate. *Journal of Law and Economics*, v. 13, p. 241-252, 1970.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L.; PERETTO, P. Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization. *International Journal of Industrial Organization*, v. 15, p. 801-826, 1997.
- \_\_\_\_\_; MONTOBBIO, F. Exploring factors affecting international technological specialization. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 13, p. 411-434, 2003.
- MANCUSI, M. L. International technological specialization in industrial countries: patterns and dynamics. *Weltwirtschaftliches Archiv*, v. 137, n. 4, p. 593-621, 2001.
- MANSFIELD, E. Speed of application of new technology. In: WILLIAMS, B. R. (Ed.). *Science and technology in economic growth*. London: McMillan, 1973. p. 197-215.
- MYRO, R.; ALVAREZ, M. E. Integración europea e especialización de la industria española. *Economía Industrial*, 349-350, p. 181-191, 2003.
- NELSON, R.; WINTER, S. In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, v. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.
- PATEL, P. Localised production of technology for global markets. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, p. 141-153, 1995.
- \_\_\_\_\_; PAVITT, K. Large firms in the production of the world's technology: an important case of 'non-globalization'. *Journal of International Business Studies*, v. 22, n. 1, p. 1-21, 1991.
- PAVITT, K. Uses and abuses of patent statistics. In: VAN RAAN, A. F. J. (Ed.). *Handbook of quantitative studies of science and technology*. Elsevier Science Publishers, B.V. (North Holland), 1988.
- ROCHA, C. F.; URRACA, A. Internacionalização da P&D das empresas transnacionais. Especialização produtiva nacional e competências tecnológicas. *Economia e Sociedade*, Campinas, n. 18, p. 165-184, jan./jun. 2002.