

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 594

Adoção Tecnológica e Subdesenvolvimento

Roberto de Goes Ellery Junior

Brasília, outubro de 1998

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 594

Adoção Tecnológica e Subdesenvolvimento

*Roberto de Goes Ellery Junior**

Brasília, outubro de 1998

* Técnico da Coordenação Geral de Finanças Públicas do IPEA.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO
Ministro: *Paulo Paiva*
Secretário Executivo: *Martus Tavares*



Presidente
Fernando Rezende

DIRETORIA

Claudio Monteiro Considera
Gustavo Maia Gomes
Hubimaier Cantuária Santiago
Luís Fernando Tironi
Mariano de Matos Macedo
Murilo Lôbo

O IPEA é uma fundação pública, vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, cujas finalidades são: auxiliar o ministro na elaboração e no acompanhamento da política econômica e promover atividades de pesquisa econômica aplicada nas áreas fiscal, financeira, externa e de desenvolvimento setorial.

TEXTO PARA DISCUSSÃO tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos direta ou indiretamente pelo IPEA, bem como trabalhos considerados de relevância para disseminação pelo Instituto, para informar profissionais especializados e colher sugestões.

Tiragem: 160 exemplares

COORDENAÇÃO DO EDITORIAL

Brasília — DF:
SBS Q. 1, Bl. J, Ed. BNDES, 10^o andar
CEP 70076-900
Fone: (061) 315 5374 — Fax: (061) 315 5314
E-Mail: editbsb@ipea.gov.br

SERVIÇO EDITORIAL

Rio de Janeiro — RJ:
Av. Presidente Antonio Carlos, 51, 14^o andar
CEP 20020-010
Fone: (021) 212 1140 — Fax: (021) 220 5533
E-Mail: editrj@ipea.gov.br

SUMÁRIO

SINOPSE/ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	7
2	VANTAGENS COMPARATIVAS	9
3	O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES	19
4	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

SINOPSE

Este texto aborda modelos econômicos que explicam por que alguns países adotam uma tecnologia inferior à adotada em outros países. A partir dessa diferença no padrão de adoção tecnológica, busca-se explicar o fenômeno do subdesenvolvimento. São apresentados modelos em que os custos de adotar a nova tecnologia, em geral representados por perdas no capital humano acumulado com a tecnologia anterior, podem explicar o diferencial tecnológico. Também é discutida a hipótese de esse diferencial surgir por pressões políticas ou arranjos institucionais; para isso recorre-se à teoria dos jogos. No artigo mantém-se a preocupação da fidelidade ao rigor da análise econômica. Dessa forma, atraso tecnológico surge como resultado de um equilíbrio em que agentes racionais maximizam lucros e/ou utilidade. Finalmente, na conclusão, apresentam-se algumas questões deixadas em aberto pelos modelos propostos, e apontam-se temas para futuras pesquisas.

ABSTRACT

The paper surveys model that could explain why some countries choose to adopt a somewhat dominated technology. Those differences in technological adoption are used as a mean to explain underdevelopment. Two basic hypothesis are pointed to justify non adoption, the country has comparatives advantages with the old technology and that there exists some institutions working to protect a group that could have some losses with the new technology. The paper shows that underdevelopment can be an equilibrium outcome in an economy where rational agents take decisions to maximize his utility or profits. Finally the conclusion points out to open questions and new research topics.

1 INTRODUÇÃO¹

Um resultado fundamental comum aos modelos tradicionais de crescimento [Solow, 1956; Koopmans, 1965 e Cass, 1965; que a renda *per capita* deve convergir entre os diversos países. Embora alguns autores confirmem essa hipótese para países com alto grau de homogeneidade (*e.g.* Comunidade Européia) e para estados de um mesmo país,² os dados sugerem que tal convergência não ocorre entre países em geral [Parente e Prescott, 1993].

As hipóteses que levam ao resultado de convergência nesses modelos são bem conhecidas. Todos os países usam a mesma tecnologia, caracterizada por retornos decrescentes de escala.³ Isso implica que, à medida que o país acumula capital, a taxa de juros cai e, como conseqüência, não é possível um crescimento ilimitado. Mais ainda, se um país começa com um estoque de capital muito baixo, as taxas de retorno do capital nesse país devem ser altas, o que implica crescimento mais rápido. Nessas condições é fácil mostrar que a economia vai convergir para um único estado estacionário, e que o resultado de convergência está garantido.

Vários autores utilizam tecnologias não convexas para evitar o resultado de convergência. Em geral, esses resultados são obtidos pelo uso de externalidades, que implicam retornos crescentes no agregado, garantindo crescimento ilimitado, e retornos decrescentes no nível da firma, tornando os modelos compatíveis com equilíbrio competitivo [Romer, 1986]. Como resultado dessa nova formulação, economias com alto nível de capital não mais estão associadas à baixa taxa de retorno do capital, e o resultado de convergência é evitado. Outra maneira usada para explicar crescimento ilimitado é considerar uma economia com múltiplos setores, em que um deles não esteja sujeito a convexidades. Esse setor, usualmente, é o de capital humano [Lucas, 1988] ou de tecnologia [Romer, 1990].⁴

Embora proporcionem uma interessante maneira de explicar o desenvolvimento, esses modelos não são apropriados para explicar o subdesenvolvimento. Uma das razões é que, em geral, tais modelos compartilham o resultado de *armadilha da pobreza*, ou seja, se um país parte de condições iniciais extremamente ruins, ficará preso numa situação de pobreza.⁵ Os dados internacionais não confirmam essa armadilha [Parente e Prescott, 1993]. Além disso,

¹ O autor agradece os comentários de Michele Boldrin, Stephen Parente, Lucas Colombo, Maurício Pinheiro e Marly Matias Silva. Qualquer erro remanescente é da inteira responsabilidade do autor.

² Barro e Sala-I-Martin (1992) acharam convergência para os estados dos EUA, enquanto Ferreira e Ellery (1996) confirmaram a hipótese de convergência para os estados brasileiros.

³ Assume-se também que as preferências são iguais em todos os países.

⁴ Modelos na linha de Romer (1990), em geral, não se baseiam em externalidades. Autores dessa linha costumam usar competição imperfeita para garantir o equilíbrio; ver Ferreira e Ellery (1996).

⁵ Daí por que Jovanovic (1995) classificou-os como modelos de escala.

esses modelos não explicam desastres e milagres econômicos, fenômenos observados quando da análise de dados internacionais.

Neste artigo, as diferenças nos níveis de desenvolvimento serão explicadas por diferenças entre as tecnologias adotadas. Dessa forma, a questão central do artigo é saber qual a razão de alguns países adotarem uma tecnologia defasada. A princípio, a resposta poderia seguir uma linha semelhante à de Romer (1990): o setor de pesquisa em um determinado país é muito pequeno para gerar novas tecnologias a um ritmo desejável.

Contra essa argumentação, existe a evidência de fluxo tecnológico entre os diversos países. Um país não precisa desenvolver uma nova tecnologia para poder utilizá-la. Esse ponto é reforçado pela existência de empresas multinacionais que, em países subdesenvolvidos, trabalham com tecnologia diferente da utilizada nos países desenvolvidos. Dessa forma, para explicar o fenômeno do subdesenvolvimento, um modelo deve explicar por que alguns países adotam uma tecnologia inferior mesmo quando o país tem acesso a tecnologias mais avançadas. Para que isso seja possível, é preciso levar em consideração que a adoção de novas tecnologias implica custos, os chamados custos de adoção. A idéia é que tais custos explicam a heterogeneidade nas tecnologias adotadas pelos diversos países. Por exemplo, os custos podem ser maiores que os ganhos de produtividade associados à nova tecnologia.

Mesmo que a sociedade como um todo não venha a perder com a adoção da nova tecnologia, é sempre possível que uma parte da sociedade perca. Seria o caso de trabalhadores a serem desempregados ou empresas que podem perder mercado. Esses grupos tentariam bloquear a adoção da nova tecnologia. O que realmente importa para que os custos de adoção expliquem a utilização de tecnologias inferiores é que a adoção da nova tecnologia não domine a antiga no sentido de Pareto.

No segundo capítulo serão discutidos modelos em que a adoção de novas tecnologias não ocorre em razão de o país possuir vantagens comparativas na tecnologia anterior. Brezis, Krugman e Tsiddon (1993) usam essa argumentação para explicar como os Estados Unidos tomaram da Inglaterra a condição de nação industrial líder. Porém, o argumento é facilmente adaptado para explicar a resistência de países subdesenvolvidos em adotarem novas tecnologias.

O terceiro capítulo considera modelos em que algum grupo bloqueia a adoção da nova tecnologia. Nesse capítulo, a nova tecnologia domina a anterior, mesmo considerando-se vantagens comparativas. Porém, direitos de monopólio [Parente e Prescott, 1996] ou pressões políticas impedem a adoção da tecnologia.

Finalmente, no capítulo 4 são apresentadas as conclusões e algumas sugestões para novas pesquisas que visem explicar o subdesenvolvimento.

2 VANTAGENS COMPARATIVAS

Neste capítulo será visto como o princípio das vantagens comparativas pode ser utilizado para explicar defasagens em adoção tecnológica. Para introduzir a idéia, será utilizado um modelo em que duas firmas decidem qual o padrão tecnológico que devem utilizar. A argumentação será baseada em Ohyama, Michihiro e Jones (1995).

Assume-se que existem duas firmas. A firma líder tem maior domínio da tecnologia existente, de modo que, usando essa tecnologia, tem uma produtividade q_1 , e a firma seguidora, que é menos produtiva com a tecnologia presente, tem uma produtividade q_1^* , de forma que $q_1 > q_1^*$. No segundo período as produtividades serão q_2 e q_2^* para a firma líder e a seguidora, respectivamente, com $q_2 > q_1$ e $q_2^* > q_1^*$. Mais ainda, no segundo período a firma líder continua mais produtiva que a seguidora, ou seja, $q_2 > q_2^*$.

Nessas condições, o valor de cada firma vai depender de sua produtividade e da taxa de desconto de acordo com as expressões:

$$V_q = q_1 + dq_2$$

$$V_q^* = q_1^* + d^*q_2^*$$

em que V é o valor da firma e d é a taxa de desconto. Para facilitar, os autores assumem que a taxa de desconto é igual para as duas firmas ($d = d^*$).

Suponha-se que uma nova tecnologia seja apresentada, de modo que implique uma produtividade b_1 e b_1^* , no primeiro período, e, no segundo período, a nova tecnologia tenha produtividade b_2 e b_2^* . Assuma-se que a nova tecnologia aumente o valor da firma seguidora, mas não o da firma líder, ou seja, $V_b^- > V_q^-$ e $V_q > V_b$, o que pode ser escrito como:

$$b_1^* + d^*b_2^* > q_1^* + d^*q_2^* \text{ e}$$

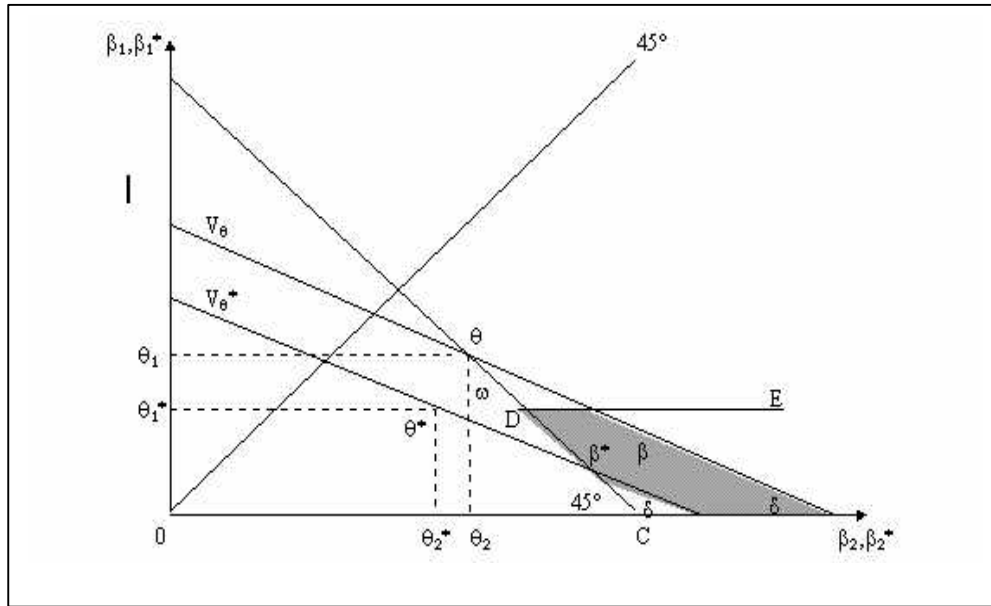
$$b_1 + db_2 > q_1 + dq_2$$

Essas propriedades implicam que a firma líder não vai adotar a nova tecnologia, ocorrendo o contrário com a seguidora. Considerando-se a mesma taxa de desconto, a condição para que isso ocorra é:

$$\frac{q_1 - b_1}{b_2 - q_2} > \frac{q_1^* - b_1^*}{b_2^* - q_2^*}$$

O numerador representa o custo de se mudar para uma nova tecnologia, e o denominador, os ganhos associados à nova tecnologia. Caso essa condição se observe, a firma líder possuirá vantagens comparativas com a tecnologia antiga. O gráfico 1 a seguir descreve o processo.

GRÁFICO 1



O cone CDE representa o conjunto de novas tecnologias, tais que a produtividade inicial é menor do que a produtividade da antiga tecnologia para a firma seguidora, e, no segundo período, a produtividade da nova tecnologia é maior que a da antiga, mesmo para a firma líder. Ou seja, no primeiro período, a inovação gera perda mesmo para a seguidora, mas no segundo gera ganhos até para a líder.⁶

Os pontos na área sombreada são caracterizados pelo fato de o valor da firma seguidora ser maior com a nova tecnologia, enquanto o contrário é verdade para a firma líder. Isso implica que a área sombreada representa o conjunto de tecnologias, como descritas antes, nas quais a firma seguidora irá superar a firma líder.⁷ Na região do cone abaixo da área sombreada, nenhuma firma possui incentivo para adotar a nova tecnologia, enquanto na região acima da área sombreada ambas vão adotá-la.

Uma interessante variação desse modelo seria admitir que as firmas possam operar com uma combinação das duas tecnologias. Mesmo nessa situação, admite-se a hipótese de uma firma ultrapassar a outra.

Assuma-se que b_1 é menor que q_1^* e q_1 , e que seja I a quantidade de recursos empregada para aprender a nova tecnologia.⁸ Então, a produtividade da firma líder no primeiro período é

⁶ Note-se que as duas tecnologias são caracterizadas por vantagens absolutas da firma líder.

⁷ A firma seguidora pode ultrapassar a líder mesmo em áreas fora do cone. Considere o ponto w ; nesse ponto,

$$b_1^* > q_1^*, b_2^* > q_2^*, b_1 < q_1 \text{ e } b_2 > q_2;$$

mas, como pode ser visto, a firma líder não adota a tecnologia, ao contrário do que faz a seguidora.

⁸ Assuma-se que o total de recursos seja 1.

$Ib_1 + (1 - I)q_1$. No segundo período, a produtividade da nova tecnologia dependerá de I , de acordo com a regra $b_2 = b_2(I)$, com $b_2(0) = b_1$ e $b_2' > 0$, $b_2'' < 0$.

A produtividade futura da antiga tecnologia também irá depender de I . Em particular se a firma escolher algum $I^+ > 0$, então $b_2(I^+) > q_2(0)$. A firma líder escolherá I de forma a maximizar:

$$\{Ib_1 + (1 - I)q_1\} + db_2(I)$$

O que implica uma escolha ótima I^0 , tal que:

$$db_2'(I^0) = (q_1 - b_1)$$

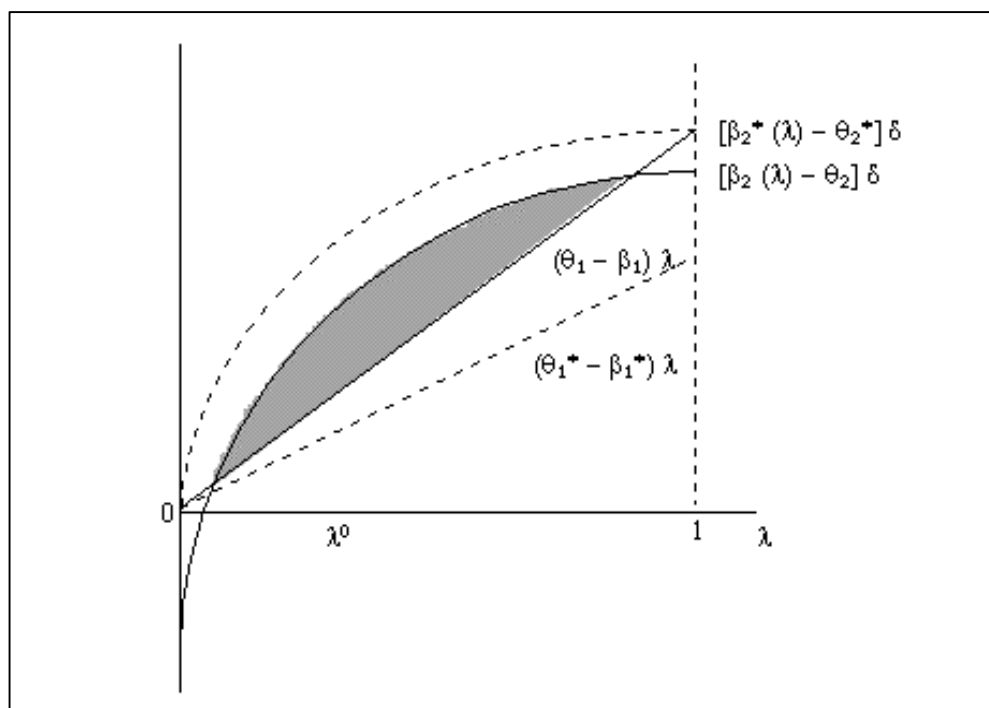
Se o valor da firma, quando uma quantidade I^0 de recursos é aplicada na nova tecnologia, for menor do que o associado a $I = 0$, a firma líder irá continuar utilizando a tecnologia antiga. Formalmente, tal situação pode ser descrita como:

$$\{I^0 b_1 + (1 - I^0)q_1\} + db_2(I^0) < (q_1 + dq_2)$$

em que $q_2 = q_2(0)$.

Outra maneira de observar o fenômeno é comparar o custo de oportunidade associado à nova tecnologia no primeiro período, $(q_1 - b_1)I$, com o benefício descontado, no segundo período, $[b_2(I) - q_2]d$. O gráfico 2 descreve essa situação.

GRÁFICO 2



A área sombreada representa o conjunto em que adotar parte da nova tecnologia é uma estratégia melhor que continuar apenas com a tecnologia antiga. O gráfico mostra que grande quantidade de recursos dedicados à nova tecnologia também não é uma boa estratégia. Mais ainda, se a curva $[b_2(I) - q_2]d$ estiver estritamente abaixo do raio $(q_1 - b_1)I$, a firma líder vai sempre preferir não utilizar a nova tecnologia.

Também é possível perceber que a firma seguidora está disposta a aceitar um maior valor para I .⁹ Essa decisão implicará maior produtividade no segundo período.¹⁰ Dessa forma, pode-se mostrar que a firma seguidora pode ultrapassar a líder mesmo em casos em que as duas adotem a nova tecnologia.

Como pode ser observado, o processo descrito depende em parte de que a firma aprenda a tecnologia à medida que a utilize (*learning-by-doing*). Jovanovic e Nyarko (1996) desenvolvem um modelo em que essa relação fica mais explícita. Esse modelo assume que os agentes acumulam capital humano à medida que trabalham com determinada tecnologia.

Parte desse capital humano acumulado é perdida quando o agente muda para outra tecnologia. Se essa perda for grande o suficiente para compensar os ganhos da nova tecnologia, não haverá adoção.

⁹ Como está no gráfico, a firma seguidora pode escolher inclusive $I=1$.

¹⁰ Assuma-se $b_1^* = b_1$ e $b_2(I) = b_2^*(I)$.

Assuma-se que todos os agentes são indiferentes com relação ao risco e, quando operando com a tecnologia n , usam a seguinte função de produção:

$$q = \gamma^n \left[1 - (y_{nt} - z)^2 \right] \gamma \geq 1$$

em que $y_{nt} = \theta_n + w_{nt}$ $w_{nt} \sim N(0, \sigma^2)$

Os agentes conhecem γ e a distribuição de w_n . Não conhecem θ_n , mas possuem alguns palpites¹¹ sobre o valor real.¹² Assume-se, ainda, que os agentes buscam maximizar o total produzido. Essas hipóteses implicam que:

$$z = E_t(y_{nt}) = E_t(q_n)$$

e $E_t(q) = g^n \left[1 - \text{Var}(q_n) - s_w^2 \right]$

À medida que o agente utiliza a tecnologia n , observa y_{nt} e adquire informações sobre θ_n . Essas informações permitem que faça uma escolha mais apropriada de z , e, como consequência, aumenta seu produto esperado. Se algum agente utilizar a tecnologia n para sempre, eventualmente irá descobrir θ_n , obtendo uma produção máxima que é limitada por $E_t(q) = g^n (1 - s_w^2)$. A implicação mais importante é que não pode existir crescimento ilimitado com tecnologia fixa.

O conhecimento acumulado com uma tecnologia é transferido para a seguinte de acordo com a regra:

$$q_{n+k} = a^{k/2} q_n + e_k \quad \text{com } e_k \sim N(0, r_k s_k^2)$$

em que $r_k = \begin{cases} (1 - a^k)/(1 - a) & \text{se } a \neq 1 \\ k & \text{se } a = 1 \end{cases}$

Como a expressão apresentada mostra, a é o parâmetro que governa a quantidade de capital humano transferível. Como será visto, a é parâmetro-chave para definir as condições nas quais um agente irá adotar uma nova tecnologia.

Uma vez que o agente adota a tecnologia, não pode utilizar uma anterior. Assim, um agente utilizando a tecnologia n no período t tem a escolha de continuar utilizando a tecnologia ou adotar uma mais avançada no período $t+1$. Suponha que decida continuar com a mesma tecnologia. Então irá observar y_{t+1} , e seus palpites sobre q_n terão variância $h_1(x_{nt})$, em que:

$$h_1(x) = \frac{s_w^2 x}{s^2 + x} \text{ é chamada função de melhoramento (upgrading function).}$$

Caso o agente escolha adotar a nova tecnologia, a variância antecipada para q_{n+k} será dada por:

¹¹ *Palpite* é utilizado como tradução para *beliefs*.

¹² O palpite para θ_1 no período 1 é normal por hipótese.

$h_2(x, k) = \mathbf{a}^k x + \mathbf{r}_k \mathbf{s}_e^2$, chamada função de transferência de conhecimento.

Enquanto o agente trabalha com a nova tecnologia no período $t+1$, vai observar $y_{t+1, n+k}$, e a variância para \mathbf{q}_{n+k} será dada por $h(x, k)$, em que $h(x, k) = h_1(h_2(x, k))$ é chamada função de transferência seguida por atualização. A função $h(x, k)$ tem um único ponto fixo, x_k^{**} , e x_t será dado pela t -ésima iteração de $h(\cdot, k)$. Mais ainda, a seqüência $\{x_t\}_{t=1}$ converge monotonicamente para x_k^{**} .

Finalmente, seja $G(x, k)$ o produto esperado quando o agente escolhe a tecnologia $n+k$ e percebe uma variância x . Fazendo $n=0$, $G(x, k)$ é dado por:

$$G(x, k) = \mathbf{g}^k \left[1 - \mathbf{s}_w^2 - \mathbf{a}^k x - \mathbf{r}_k \mathbf{s}_e^2 \right]$$

Seja x^* tal que $G(x, 0) = G(x, 1)$. Note-se que x^* é bem definida contanto que $\mathbf{ag} \neq 1$.¹³ Por hipótese, essa condição é válida, bem como $k \in [0, 1]$. Feitas essas considerações, é possível ir adiante e analisar os resultados.

Os principais resultados do artigo são apresentados por meio de duas proposições, considerando-se o caso em que o agente que começa com uma tecnologia inferior pode ultrapassar o outro e o em que pode haver crescimento ilimitado. Apenas a primeira será analisada.

Proposição: Assumam-se (i) $\mathbf{ag} < 1$; (ii) $G(0, 0) > G(0, 1)$ e (iii) $x^* < x_1^{**}$. Suponham-se dois agentes, I e II, usando a mesma tecnologia n e com os palpites sobre a variância, x_0' e x_0'' , respectivamente, com $x_0' < x^* < x_0''$. Então, ocorrerá uma ultrapassagem no seguinte sentido: o agente I inicialmente tem um produto esperado maior. De alguma data em diante, II superará I em termos de produto esperado. Em particular,

- a) o agente com muito capital humano (agente I) usará sempre a mesma tecnologia, o agente com baixo capital humano (agente II) vai sempre se atualizar; e
- b) o agente I (que possui baixo x) tem um maior produto inicial.

A primeira hipótese requer que, para um dado \mathbf{g} , o valor de \mathbf{a} deva ser pequeno, ou seja, apenas uma pequena parcela do capital humano acumulado pode ser transferida. A presença de \mathbf{g} como multiplicador de \mathbf{a} também é intuitiva. Como \mathbf{g} aparece na função de produção elevado a n , um alto valor de \mathbf{g} pode compensar um pequeno valor de \mathbf{a} .

A segunda hipótese pode ser vista da seguinte maneira. Se o agente conhece \mathbf{q}_n (o que implica $x=0$), o produto esperado com a utilização da atual tecnologia é maior que o esperado com a tecnologia $n+1$.

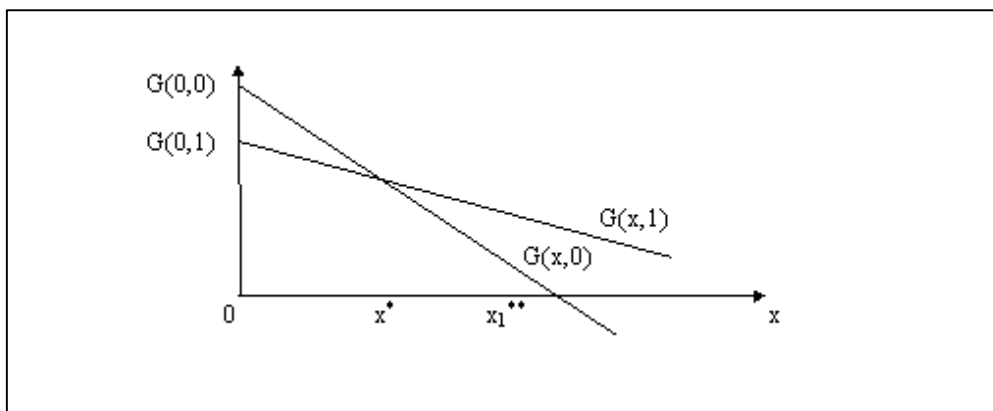
¹³ $G(x, 0) = 1 - \mathbf{s}_w^2 - x - \mathbf{r}_k \mathbf{s}_e^2$ e $G(x, 1) = \mathbf{g} \left(1 - \mathbf{s}_w^2 - \mathbf{a}x - \mathbf{r}_k \mathbf{s}_e^2 \right)$ são ambas lineares em x , com inclinação 1 e \mathbf{ag} respectivamente.

A terceira hipótese requer que o conhecimento do agente I sobre q_n deve ser menor que o conhecimento necessário para que o agente fique indiferente entre as duas tecnologias, valendo o inverso para o agente II.

Uma vez aceitas essas hipóteses, o resultado vem de forma bastante intuitiva.¹⁴ A primeira hipótese garante que um alto capital humano acumulado com a tecnologia n não implica alto capital humano com a tecnologia $n+1$. A desigualdade estrita em (ii) e o fato de que $G(.,k)$ é contínua em x implicam que, para um alto nível de conhecimento de q_n (i.e., quando $x \rightarrow 0$), $G(x,0) > G(x,1)$. A terceira hipótese explicita as diferenças entre os agentes I e II.

O gráfico 3 ilustra a proposição. Para um indivíduo com variância inicial abaixo de x^* , usar sempre a mesma tecnologia leva a um maior produto esperado. Como o agente vai sempre usar a mesma tecnologia, a variância converge para zero.

GRÁFICO 3



Quando a variância inicial está acima de x^* , então, o agente utilizará sempre a tecnologia mais avançada. Nesse caso a variância converge para x_1^{**} . Os modelos apresentados até aqui providenciam um bom fundamento microeconômico para a escolha de uma tecnologia inferior. Um exemplo desses efeitos em um ambiente macroeconômico será apresentado seguindo Brezis, Krugman e Tsiddon (1993).

Suponha-se uma economia com dois países¹⁵ e dois tipos de bens. O primeiro tipo é produzido com uma tecnologia estática (bens agrícolas, por exemplo) e o segundo com uma tecnologia dinâmica (bens manufaturados). O único insumo é o trabalho, e os dois países possuem a mesma força de trabalho, L . No setor agrícola existe uma tecnologia com retornos constantes de escala. A produtividade do trabalho nesse setor é igual a 1, de forma que a produção agrícola é igual à população empregada nesse setor por país:

$$(Q_F^B = L_F^B e Q_F^{US} = L_F^{US}).$$

¹⁴ Jovanovic e Nyarko (1996) demonstram que o valor ótimo para k é 0 ou 1.

¹⁵ Brezis, Krugman e Tsiddon (1993) remetem à Segunda Revolução Industrial e usam como exemplo a Grã-Bretanha e os Estados Unidos. Por respeito à idéia original, usarei o mesmo exemplo.

Bens manufaturados são caracterizados por uma seqüência de tecnologias. Os bens de várias gerações são supostos substitutos perfeitos.¹⁶ O aprendizado é específico para cada país. Dadas as hipóteses, a função de produção de bens manufaturados de uma geração I em cada país é dada por:

$$Q_i^B(T) = A_i(K_i^B(T))L_i^B \text{ em que } K_i^B(T) = \int_{-\infty}^T Q_i^B(T)dt$$

$$Q_i^{US}(T) = A_i(K_i^{US}(T))L_i^{US} \text{ em que } K_i^{US}(T) = \int_{-\infty}^T Q_i^{US}(T)dt$$

Para uma dada tecnologia, assume-se que $A' > 0$ e $A'' < 0$. Essas hipóteses garantem retornos decrescentes para o aprendizado de uma dada tecnologia.¹⁷ A tecnologia de cada geração é superior à anterior, no sentido de que $A_{i+1}(Z) > A_i(Z)$ para qualquer Z dado.

A função de utilidade é da forma $U = D_M^m D_F^{1-m}$ em que D_M representa o consumo agregado de manufaturados, e D_F , o consumo de bens agrícolas¹⁸.

Assuma-se que, no início do processo, a Grã-Bretanha é o país mais produtivo, o que significa que $A_1^B > A_1^{US}$. Nesse ponto (e em qualquer dado ponto no tempo), em qualquer equilíbrio, a Grã-Bretanha irá se especializar na produção de manufaturados.¹⁹ Restam duas possíveis situações. Uma em que os Estados Unidos também produzam manufaturados (especialização parcial) e outra em que os Estados Unidos irão se especializar em bens agrícolas (especialização total). Qual caso ocorrerá em equilíbrio dependerá de a razão entre os salários relativos exceder as vantagens de produtividade da Grã-Bretanha. Se essas vantagens forem suficientemente grandes, ou seja, se

$$\frac{A_1^B}{A_1^{US}} > \frac{m}{1-m}$$

os Estados Unidos especializar-se-ão em bens agrícolas. Suponha-se que essa é a situação, e o salário relativo é $m/1-m$.²⁰

Nessas circunstâncias, a produtividade na Grã-Bretanha crescerá com o tempo, como resultado de um processo de *learning-by-doing*. Nos Estados Unidos, a produtividade permanecerá constante, uma vez que ninguém está empregado no setor de manufaturados.

Tomando-se o bem agrícola como numerário, a renda mundial será dada por:

¹⁶ Prefiro pensar como um único bem sendo produzido por uma seqüência de tecnologias, de forma que cada tecnologia domina sua antecessora.

¹⁷ Em essência, essa hipótese é semelhante à de inexistência de crescimento ilimitado com uma dada tecnologia, de Jovanovic e Nyarko.

¹⁸ Brezis, Krugman e Tsiddon (1993) assumem $\mu > 0.5$.

¹⁹ Lembre de que $\mu > 0.5$ e $L^B = L^{US}$.

²⁰ Com especialização parcial, o salário relativo será A_1^B / A_1^{US} .

$$Y = \left(\frac{w^B}{w^{US}} + 1 \right) L$$

Considere uma nova tecnologia com as seguintes propriedades:

- a) $A_2(0) < A_1(K_1(T_2))$
- b) $\frac{m}{1-m} > \frac{A_1(K_1(T_2))}{A_2(0)}$

A primeira propriedade implica que a Grã-Bretanha não adotará a nova tecnologia. A segunda garante que os Estados Unidos irão adotá-la. Com a nova tecnologia, o equilíbrio com especialização completa não mais vigora, de forma que nessa nova situação os Estados Unidos produzirão bens manufaturados.

Se $A(.)$ é inclinada suficiente para a nova tecnologia, pelo menos nos estágios iniciais, a produtividade nos Estados Unidos crescerá mais rápido que na Grã-Bretanha. Mais ainda, o salário real nos Estados Unidos aumentará como resultado do aumento da produtividade e da melhora dos termos de troca. Na Grã-Bretanha o efeito do termo de troca é revertido, e os salários reais diminuirão.

Nesse caso, a produção mundial de gêneros agrícolas será:

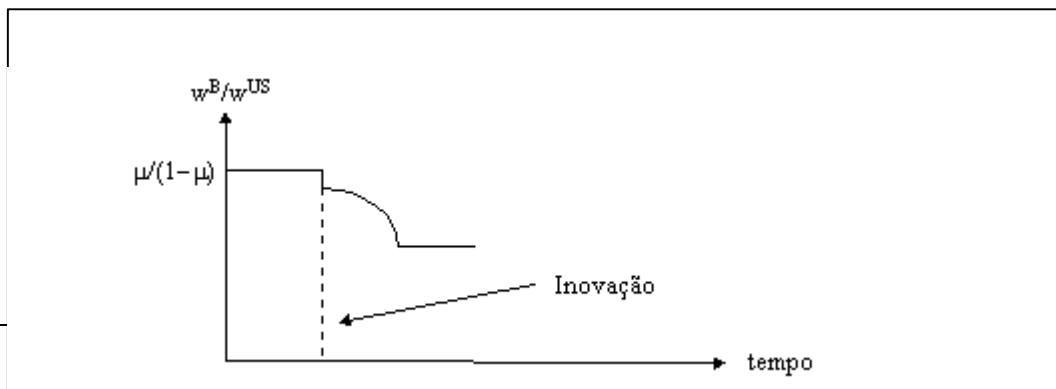
$$L_F^{US} = (1-m)L \left(\frac{A_1^B}{A_2^{US}} + 1 \right)$$

Como a produtividade nos Estados Unidos cresce mais rapidamente que na Grã-Bretanha, o total de trabalho empregado nos Estados Unidos se reduzirá. Em algum período, a produtividade nos Estados Unidos será maior que na Grã-Bretanha. Como resultado, os Estados Unidos especializar-se-ão em bens manufaturados, e a Grã-Bretanha será o país não especializado. Eventualmente, os ganhos de produtividade nos Estados Unidos serão tais que:

$$\frac{A_2^{US}}{A_1^B} > \frac{m}{1-m}$$

levando a uma situação em que a Grã-Bretanha ficará especializada em bens agrícolas.

GRÁFICO 4



O gráfico 4 mostra o fenômeno descrito em termos de salários relativos. No começo do ciclo, o salário relativo é $m/(1-m)$, que representa o equilíbrio com especialização completa. À medida que a inovação é introduzida, o salário relativo cai monotonamente. Tal situação caracteriza o equilíbrio com especialização parcial. Finalmente, o novo equilíbrio especializado é atingido, e o salário relativo estabiliza-se.

Os modelos apresentados mostram as razões para que um país não adote uma nova tecnologia que é, sob qualquer aspecto, mais produtiva do que a tecnologia corrente. Porém, não fica claro como fazer a passagem dessa argumentação para uma teoria do subdesenvolvimento.

O argumento utilizado para a defasagem tecnológica é o de excesso de especialização numa certa tecnologia, em que implicitamente está suposto que o país era o líder com a tecnologia anterior. Com um pouco de aprofundamento para essa discussão, podemos apontar no rumo da teoria desejada.

Suponha-se que um determinado país venha se recusando a adotar uma tecnologia por motivos diversos do apontado aqui. É de se esperar que os custos do avanço tecnológico tornem-se cada vez maiores, como foi ilustrado nos modelos apresentados. Tais custos podem tornar razoável que o país fique preso a uma determinada tecnologia, como em Jovanovic e Nyarko (1996).

A pergunta associada a essa explicação é: qual a razão para o país, inicialmente, não ter adotado uma melhor tecnologia? A resposta pode estar nas instituições existentes, tema do próximo capítulo.

3 O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES

O objetivo deste capítulo é averiguar como a existência de certas instituições pode impedir que um país adote uma tecnologia, mesmo na ausência de fenômenos como os descritos anteriormente. A exposição será feita a partir de Parente e Prescott (1996). Nesse artigo, os autores discutem a possibilidade de direitos de monopólio funcionarem como barreiras ao crescimento.²¹

Os direitos de monopólios são associados a grupos que detêm o poder de determinar a tecnologia usada pelas firmas, a quantidade de trabalho empregada e o nível de salário.²² Em contraposição, uma economia de mercado é aquela em que tais direitos não estão presentes. Note-se que isso não impede que um inovador, em uma economia de mercado, receba lucros de monopólio associados a uma inovação, porém esses ganhos serão temporários.

²¹ Note-se que essa hipótese vai de encontro ao pensamento schumpeteriano de que monopólios levam ao crescimento; uma argumentação na linha de Schumpeter pode ser encontrada em Ferreira e Ellery (1996).

²² Em princípio, esses grupos podem ser sindicatos, como os portuários, ou empresas monopolistas.

Suponha-se uma economia com dois setores, um agrícola e outro industrial, sendo o setor agrícola caracterizado pela ausência de avanço tecnológico. A cada período, existem três tecnologias disponíveis para o setor industrial, as duas menos produtivas estão em uso no período 0, a outra deve ser adotada para ser utilizada. Existe um contínuo de agentes com medida N . Um agente pode ser um trabalhador no setor agrícola, um trabalhador do setor industrial ou um empresário do setor industrial.

As preferências são dadas por:

$$U(x(i,t), a(t)) = \sum_{t=0}^{\infty} \mathbf{b}^t \left[\int_0^1 x(i,t)^{g_x} di + \mathbf{m}(t)^{g_a} \right]^q$$

em que $0 < \mathbf{b} < 1, g_a < g_x < 0, e q g_x < 1$

Na expressão apresentada, $x(i,t)$ representa o consumo de um bem industrial do tipo $i \in [0,1]$, indexado pela data $t \in \{0,1,2, \dots\}$, e $a(t)$ é o consumo de um bem agrícola indexado por $t \in \{0,1,2, \dots\}$.

Existem três funções de produção disponíveis para o setor industrial, cada uma sendo associada a uma determinada tecnologia:

$$X(i,t) \leq \mathbf{p}_0 N(i,t)$$

$$X(i,t) \leq \mathbf{p}_1 N(i,t)$$

$$X(i,t) \leq \mathbf{p}_2 N(i,t)$$

com $\mathbf{p}_0 < \mathbf{p}_1 < \mathbf{p}_2$

em que $N(\cdot)$ é a quantidade de trabalho utilizada, $X(\cdot)$ é a quantidade produzida, e \mathbf{p}_i é um índice para tecnologias. Se a melhor tecnologia não for adotada até o corrente período, qualquer grupo com medida fN pode adotar essa tecnologia. Uma vez que uma tecnologia é adotada, qualquer pessoa pode utilizá-la no próximo período. Ou seja, é preciso um grupo mínimo para adotar a tecnologia, porém não para utilizar uma tecnologia já disponível.

O setor agrícola produz A unidades de bens de acordo com a tecnologia descrita a seguir:

$$A(t) \leq F(X_a(\cdot), N_a(\cdot), L_a(\cdot)) = \left[\mathbf{y} \left(\int_0^1 X_a(i,t)^s di \right)^{r/s} + (1-\mathbf{y}) (N_a(t)^a L_a(t)^{1-a})^r \right]^{1/r}$$

em que $0 < \mathbf{y} < 1, 0 < \mathbf{a} < 1, 0 < \mathbf{r} < 1, e \mathbf{s} < 0$

$X_a(\cdot)$ representa os insumos fornecidos pelo setor industrial, $N_a(\cdot)$, a quantidade de trabalho, e $L_a(\cdot)$, a extensão de terra necessária para realizar a produção do bem agrícola.

De início, cada agente pode dispor de uma unidade de trabalho e uma unidade de terra. Não existe um mercado para terras, ou seja, os agentes não podem vender suas terras nem perdê-las em caso de falência. Essa hipótese elimina a possibilidade de existirem empréstimos na economia. Ademais, em cada período, os agentes têm livre acesso a qualquer tecnologia que tenha sido utilizada por pelo menos um período.

Descrita a economia, podem-se analisar diversos arranjos institucionais e suas conseqüências. Para fins de análise, considerem-se duas situações. Uma em que existam direitos de monopólio, no sentido de um grupo possuir direito a um monopólio sobre qualquer firma que utilize a tecnologia p_1 . A outra situação é caracterizada pela ausência de qualquer direito de monopólio. Esta será chamada livre iniciativa.

Antes de partir para uma comparação entre os dois arranjos institucionais propostos, é necessário que se defina equilíbrio para essa economia. Note-se que os problemas dos consumidores e do setor agrícola são independentes do arranjo institucional, ou seja, apenas as firmas do setor industrial são afetadas pelo direitos de monopólio.

Fazendo com que o bem agrícola seja o numerário, as condições de primeira ordem para o setor agrícola são dadas por:

$$p(i) = F_{x(i)}(X_a, N_a, L_a) \quad (1)$$

$$w_a = F_N(X_a, N_a, L_a) \quad (2)$$

$$r = F_L(X_a, N_a, L_a) \quad (3)$$

$$A = F(X_a, N_a, L_a) \quad (4)$$

em que $p(i)$ é o preço do bem i , w_a é o salário no setor agrícola, e r representa a renda da terra.

Um indivíduo nessa economia é caracterizado por sua atividade. Assim cada indivíduo é indexado por $j \in \{e, f, g\}$, em que e significa que o indivíduo é um empresário do setor industrial,²³ f significa que é um fazendeiro, e g caracteriza um empregado do setor industrial. As rendas de cada tipo de indivíduo são dadas por y_j , com $y_e = w_e + r$; $y_g = w_x + r$ e $y_f = w_a + r$. Assumindo-se que os preços são os mesmos para todos os bens, as condições de primeira ordem do problema do consumidor tornam-se:

$$p = \frac{g_x x_j^{g_x-1} a_j^{1-g_a}}{g_a m} \quad (5)$$

$$a_j + px_j = y_j \quad \forall j \in \{e, f, g\} \quad (6)$$

Finalmente, sobre qualquer arranjo institucional, os mercados devem-se equilibrar, ou seja:

$$\sum_j N_j x_j + X_a = X \quad (7)$$

$$\sum_j N_j a_j = A \quad (8)$$

$$\sum_j N_j = N \quad (9)$$

²³ A descrição mais apropriada para esse indivíduo seria a de empreendedor (*entrepreneur*), uma vez que é o inovador nessa economia.

$$L_a = N \quad (10)$$

Para terminar de caracterizar equilíbrio nessa economia, falta apenas descrever o setor industrial. Como esse setor é afetado pelo arranjo institucional, o equilíbrio deve ser caracterizado para cada situação.

Com direito de monopólio, existe um grupo que determina o nível de produtividade adotada, $\mathbf{p}_x(i)$, e o número de participantes do grupo empregados, $N_x(i)$, em cada indústria i . Dessa forma, a função de produção para cada firma é:

$$X(i) \leq \mathbf{p}_x(i)N_x(i) \text{ em que } \mathbf{p}_x \leq \mathbf{p}_1$$

O grupo busca maximizar a renda por membro, que é dada por:

$$w_x(i) = p(i)\mathbf{p}_x(i)$$

Antes que qualquer firma possa adotar uma nova tecnologia, depara-se com o jogo descrito a seguir:

Estágio 1: O grupo escolhe o seu tamanho N_x ;

Estágio 2: Dado N_x , a firma decide entre entrar ou não entrar, tomando a decisão E ;

Estágio 3: Se entrar, a firma escolhe o preço p_e ;

Estágio 4: Condicionado a N_x , E e p_e , o grupo escolhe w_x e \mathbf{p} .

Busca-se, então, uma solução simétrica para esse jogo.

Para evitar a adoção de uma nova tecnologia, N_x deve ser tal que:

$$w_a N_f \geq \text{Max}_Q \left\{ Q \cdot D^{-1}(\mathbf{p}_1 N_x + Q) - \frac{w_a Q}{\mathbf{p}_2} \right\} \quad (11)$$

em que D^{-1} é a demanda inversa pelo bem, e Q é a quantidade produzida pela firma que está entrando no mercado. Para garantir que nenhum indivíduo irá produzir com a antiga tecnologia, a seguinte condição deve ser observada:

$$p \leq \frac{w_a}{\mathbf{p}_0}$$

Livre entrada de firmas em cada indústria implica que o pagamento para cada membro do grupo deve ser:

$$w_x = p\mathbf{p}_x \quad (12)$$

Como cada membro do grupo pode optar por trabalhar no setor agrícola, o salário para cada membro do grupo em cada indústria deve ser igual ou maior ao do setor agrícola, ou seja, deve valer:

$$w_x \geq w_a \quad (13)$$

Uma vez que o grupo escolheu um tamanho, de forma a barrar a adoção da nova tecnologia, tudo que resta é determinar a produtividade que maximiza a renda individual de cada membro do grupo. Isso implicará a escolha do maior preço que não viole a condição de barreira à entrada;²⁴ esse preço é dado por:

$$p = \frac{w_a}{\mathbf{p}_0} \quad (14)$$

Finalmente, cada indústria deve ter um produto:

$$X = \mathbf{p}_x N_x \quad (15)$$

Como em equilíbrio o salário dos componentes do grupo não depende de N_x , o grupo vai escolher seu tamanho tal que (11) esteja valendo com igualdade.

Um equilíbrio é um conjunto de preços (p, w_a, w_x, r) , alocações de consumo $(a_j, x_j) \forall j \in (f, g)$, alocações agrícolas (A, X_a, N_f, L_a) , alocação industrial²⁵ (X, N_g) , e nível de produtividade \mathbf{p}_x , tais que as condições (1) a (15) sejam observadas. Note-se que esse equilíbrio é caracterizado pela adoção de uma tecnologia inferior à melhor tecnologia disponível, ou seja, em equilíbrio não se adota a tecnologia de ponta. Essa é a definição apresentada para subdesenvolvimento.

Como as condições (1) a (12) e (14) e (15) possuem pelo menos uma solução, esse equilíbrio vai ocorrer quando a condição (13) for válida. Se essa condição não for válida para os valores que resolvem as outras, o equilíbrio sem adoção não existe. Nessas condições o conjunto de equilíbrios com adoção será igual ao conjunto de equilíbrios associados à livre iniciativa.

O equilíbrio com adoção é caracterizado pelos preços (p, w_a, w_x, r) , alocação de consumo $(a_j, x_j) \forall j \in (f, g)$, alocação do setor agrícola (A, X_a, N_f, L_a) , alocação do setor industrial (X, N_g, N_e) , e nível de produtividade \mathbf{p}_2 , tal que:

- a) o setor agrícola maximiza lucros;
- b) os mercados estão em equilíbrio;
- c) indivíduos maximizam utilidade;
- d) $w_e > w_x = w_a$; e
- e) $p = \frac{\dots}{\mathbf{p}_1}$.

Quando são feitas simulações do modelo, encontram-se grandes diferenças entre o desempenho da economia com direitos de monopólio e o da com livre iniciativa. Em particular, a produtividade no equilíbrio com adoção é três vezes maior que a produtividade no modelo sem adoção.

²⁴ Assuma-se que as demandas são inelásticas.

²⁵ Em equilíbrio $N_x = N_g$.

4 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa foram discutidas algumas explicações sobre as razões de alguns países adotarem, persistentemente, uma tecnologia menos produtiva que a disponível. Cada explicação apresenta boas intuições para se entender a fraca *performance* econômica de alguns países, mas também apresenta alguns problemas.

Apesar de os custos de adoção relacionados a novas tecnologias explicarem muito bem diferenciais tecnológicos entre países, não explicam tão bem o motivo de países muito pobres não adotarem uma tecnologia mais avançada. Considerando-se os diferenciais de produtividade apresentados entre o setor agrícola do Nordeste brasileiro e o da Califórnia, os custos de adoção precisariam ser muito grandes para justificarem tamanha diferença, o que não é tão intuitivo.

O tamanho do custo de adoção para justificar grandes defasagens tecnológicas parece ser um bom tema de pesquisa. Outra questão interessante é quanto um país perde por adotar atrasado uma certa tecnologia. Essa perda é suficiente para explicar grandes diferenças nas taxas de crescimento? É possível que um país que já tenha sido líder torne-se subdesenvolvido no futuro? Responder a essas questões pode tornar claro o quanto custos de adoção explicam o subdesenvolvimento.

Por outro lado, custos de adoção parecem muito apropriados para explicar a ocorrência de milagres econômicos. Nesse sentido, milagres corresponderiam a países pobres que passem a adotar novas tecnologias.

No segundo capítulo, levantou-se a hipótese de que, numa economia com agentes heterogêneos, um determinado grupo possa ser prejudicado por uma inovação tecnológica. Tais agentes tentariam bloquear a nova tecnologia. Esse argumento parece mais apropriado para explicar o fenômeno do subdesenvolvimento, mas novamente algumas questões ficam em aberto.

Alguém pode encontrar, facilmente, exemplos em que regulações bloqueiam a adoção de novas tecnologias. Essas situações estão presentes em diferentes épocas da história e em diferentes sociedades. O problema é que direitos de monopólio estão presentes tanto em economias subdesenvolvidas quanto em economias desenvolvidas.

Difícilmente alguém argumentaria que nos anos 70 os sindicatos eram mais poderosos na América Latina que nos Estados Unidos, mas é fato comum que, nesse período, os Estados Unidos inovaram mais que a América Latina. Krussel e Rios-Riull (1992) sugerem que empresários, e não sindicatos, bloqueiam a adoção de novas tecnologias.

Uma idéia interessante é misturar esses efeitos. Os efeitos distributivos que seguem uma inovação, em geral, atingem empresários e trabalhadores. A história da América Latina está repleta de exemplos em que esses dois grupos se unem para sustentar o *status quo*.

A questão do subdesenvolvimento é um tópico interessante e desafiador na literatura econômica. Este artigo buscou mostrar algumas alternativas para explicá-la. Também foram apontadas algumas questões que ficaram em aberto. Espera-se que, num futuro próximo, esses tópicos estejam melhor explicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRO, Robert J. e SALA-I-MARTIN, Xavier. Convergence. *Journal of Political Economy*, 1992.
- BREZIS, Elise; KRUGMAN, Paul e TSIDDON, Daniel. Leapfrogging in the international competition: a theory of cycles in national technological leadership. *American Economic Review*, 1993.
- CASS, David. Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation. *Review of Economics Studies*, 1965.
- COATE, Stephen e MORRIS, Stephen. *Policy persistence*. 1996. Versão Preliminar.
- FERREIRA, Pedro e ELLERY, Roberto. Convergência entre a renda *per-capita* dos estados brasileiros. *Revista de Econometria*, 1996.
- JOVANOVIC, Boyan. *Learning and growth*. NBER, 1995. (Working Paper 5383)
- JOVANOVIC, Boyan e NYARKO, Yaw. Learning by doing and the choice of technology. *Econometrica*, 1996.
- KOOPMANS, Tjalling C. On the concept of optimal economic growth. In: *The econometric approach to development planning*.— Amsterdam, North Holland, 1965.
- KRUSSEL, Per e RÍOS-RIULL, José-Víctor. *Choosing not to grow*: how bad policies can be outcomes of dynamic voting equilibria. 1992. Versão Preliminar.
- LUCAS, Robert. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 1988.
- MATSUYAMA, Kiminori. Economic development as coordination problems. Versão Preliminar.
- OHYAMA, Michihiro e JONES, Ronald W. Technology choice, overtaking, and comparative advantage. *Review of International Economics*, 1995.
- PARENTE, Stephen e PRESCOTT, Edward. *Monopoly rights*: a barrier to riches. 1996. Versão Preliminar.
- PARENTE, Stephen L. Technology adoption, learning-by-doing and economic growth. *Journal of Economic Theory*, 1994.
- PARENTE, Stephen L. e PRESCOTT, Edward C. Changes in the wealth of nations. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 1993.
- ROMER, Paul. Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 1986.
- ROMER, Paul. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 1990.
- SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1956.
-