

A HIPÓTESE DE EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA POR EQUILÍBRIOS PONTUADOS

ALGUMAS IMPLICAÇÕES PARA ÁREAS PERIFÉRICAS*

*Newton Paulo Bueno***

RESUMO O trabalho fornece uma explicação para o processo de modernização tecnológica — a hipótese de evolução tecnológica por equilíbrios pontuados — que tenta incorporar as contribuições da teoria (*mainstream*) moderna do desenvolvimento econômico e das interpretações históricas do progresso tecnológico, como a Joel Mokyr. A contribuição teórica original do texto é a demonstração de que, utilizando o princípio da aceleração, surtos de inovação podem ser tratados formalmente com modelos de *big push*, como feito recentemente por Paul Krugman. O fato de que ondas de inovação tecnológica requerem grandes impulsos iniciais tem importantes implicações para áreas periféricas. A principal delas é que, pela necessidade de acontecer por saltos, a adaptação dessas economias a novos paradigmas tecnológicos requer um nível de coordenação de atividades que o mercado sozinho não pode garantir.

Palavras-chave: modelos de inovação tecnológica; equilíbrio pontuado; Brasil

Códigos JEL: 031, 041

THE HYPOTHESIS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION THROUGH PUNCTUATED EQUILIBRIA: SOME IMPLICATIONS TO PERIPHERAL AREAS

ABSTRACT The work presents an explanation for the technological modernization — the hypothesis of the technological evolution for punctuated equilibria — that tries to incorporate the contributions of the modern mainstream theory of the economic development and those of the historical interpretations of the technological progress, as the one by Joel Mokyr. The original contribution of the text, in theo-

* Artigo recebido em agosto de 2002 e aprovado em março de 2004.

** Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia, Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural, Viçosa, MG, 36571-000, e-mail: npbueno@mail.ufv.br

retical terms, is to show that, by complementing the hypothesis with the effect of the acceleration in the production of capital goods, innovation bursts can be treated formally with models of the type “big push”, as having accomplished recently by Paul Krugman. The fact that waves of technological innovation request great initial impulses has important implications for periferic economies. The most important of them is that, due to they need to happen for jumps, the adaptation of those economies to new technological paradigms requests a level of coordination of activities that the market alone cannot guarantee.

Key words: models of technological innovation; big push; punctuated equilibria; Brazil

INTRODUÇÃO

A teoria econômica *mainstream* tem enfatizado, em gerações sucessivas de modelos a partir da formulação original de Harrod-Domar, determinantes (relacionados) do crescimento econômico, os quais em geral podem ser estudados como *inputs* de uma função de produção agregada do tipo Cobb-Douglas aumentada.¹ A tradição de construir modelos baseados em ampliações dos argumentos da função de produção deve-se, em grande parte, à contribuição seminal de Solow sobre o assunto (1956, 1957), a qual vale a pena relembrar rapidamente para melhor definir o foco do presente trabalho.

No primeiro desses artigos, Solow constatou que a elevação da taxa de acumulação de capital não poderia elevar a taxa de crescimento de longo prazo da economia, a qual tenderia a convergir para a taxa de crescimento da força de trabalho, determinada exogenamente. No trabalho de 1957, ele mostrou, usando uma função de produção agregada, que o crescimento total de uma economia em um certo período de tempo poderia ser decomposto em duas fontes básicas: o crescimento derivado de utilização mais intensiva de fatores de produção (sujeito a rendimentos decrescentes) e um componente exógeno, denominado resíduo tecnológico. A conclusão foi que o resíduo responderia pela maior parte do crescimento econômico americano no período estudado,² o que não deixou de ser um tanto decepcionante do ponto de vista teórico, pois deixava inexplicada de fato a maior parte do que se desejava explicar. Esta é a razão de os trabalhos posteriores tentarem reduzir a importância do resíduo como fonte de crescimento, introduzindo novos *inputs* na função de produção agregada. Os trabalhos mais recentes nessa tradição, como mostrado na seção 1 deste texto, enfatizam o fato de que um dos insumos de produção, o conhecimento, é capaz de gerar retornos crescentes, o que torna possível construir modelos em que trajetórias de crescimento são geradas endogenamente a partir das decisões de agentes maximizadores.

Mas, estabelecer requisitos genéricos para alcançar trajetórias de crescimento mais rápido — por exemplo, aumentar a participação dos investimentos em capital humano em setores produtores de conhecimento, como sugerido pela última geração de modelos *mainstream* — não é suficiente para fundamentar estratégias eficazes de superação do subdesenvolvimento

econômico. Trabalhos de orientação neo-schumpeteriana, os quais em geral não podem ser reduzidos à metodologia de ampliação da função de produção agregada acima referida, têm demonstrado que o desenvolvimento tecnológico de um país não pode ser reduzido à questão de alocar de forma mais eficiente os recursos (fatores) produtivos, mas requer criar novos recursos capazes de mudar seu perfil competitivo (Dosi, 1988). Para compreender como isso pode ser feito, é necessário incluir nos modelos dimensões não contempladas pelos modelos agregativos, como por exemplo: (i) as características específicas de cada paradigma tecnológico, como as condições de apropriabilidade e de geração de novas oportunidades tecnológicas, as quais definem as estruturas de mercado mais consistentes com a geração e difusão de inovações (ver, por exemplo, Dosi, 1984); os padrões de difusão, os quais definem os momentos em que o *catching up* é mais provável para os países que não se encontram na fronteira tecnológica (Perez e Soete, 1988) e as condições institucionais requeridas por diferentes paradigmas tecnológicos (Freeman e Perez, 1988). As condições institucionais para o crescimento têm sido também analisadas pela assim denominada nova economia institucional. Os trabalhos de Douglass North,³ principalmente, e, mais recentemente, os de Mancur Olson⁴ têm enfatizado o fato de que embora seja possível identificar matrizes institucionais mais consistentes com o desenvolvimento econômico do que outras, é em geral impossível adaptar rapidamente as instituições de países menos desenvolvidos às necessidades do crescimento. As razões são, em primeiro lugar, que as trajetórias institucionais são *path dependent* e, em segundo, que, por problemas de lógica da ação coletiva, as instituições mais favoráveis ao desenvolvimento são improváveis de surgirem espontaneamente.

O objetivo deste trabalho é contribuir para a primeira linha de pesquisa acima, isto é, para a definição de requisitos gerais para o crescimento sustentado, embora, evidentemente, não se desconsidere a importância da segunda linha. O ponto que se deseja destacar é que os modelos tradicionais parecem insuficientes para explicar a natureza descontínua do processo de evolução tecnológica, o qual parece ocorrer em geral sob a forma de trajetórias de equilíbrios pontuados, como apontado por Mokyr (1990, 1991).

Argumentar-se-á que uma das razões para essa limitação é a desconsideração nesses modelos do efeito das externalidades pecuniárias que a coordenação de investimentos em certos casos pode promover; o modelo a ser

proposto neste trabalho, assim, sugerirá que combinações particulares dos insumos da função de produção agregada, capazes de gerar externalidades, podem implicar rendimentos crescentes. Esse efeito foi constatado originalmente por Rosenstein-Rodan (1943), com o modelo clássico de *big-push*, e tem sido incorporado em alguns modelos recentes (Murphy *et al.*, 1989; Krugman, 1996), mas não há ainda evidências na literatura sobre sua relevância para interpretar o processo de industrialização de países periféricos. O presente texto, assim, visa: (i) sugerir que o processo de inovação tecnológica ocorre em geral de forma descontínua e que, por isso, os modelos tradicionais de crescimento econômico, dada sua natureza gradualista, são insuficientes para fundamentar estratégias de *catching up* tecnológico (seções 1 e 2); (ii) mostrar que os processos de inovação tecnológica são em geral descontínuos porque o processo de industrialização, por razões a serem apontadas, requer um impulso inicial de ampliação da dimensão de mercado (seções 3 e 4); e (iii) sugerir que uma das razões por que a economia brasileira estagnou nos anos 80 e 90 foi a ausência de uma maior coordenação dos investimentos por parte do Estado capaz de sustentar a demanda nos setores responsáveis pela geração de inovações tecnológicas (seção 5). Observe-se, entretanto, que não se pretende fornecer uma interpretação alternativa da evolução da economia brasileira nas décadas de 1980 e 1990, que foi condicionada por múltiplos determinantes — como foi constatado pela ampla literatura disponível sobre o período —, mas apenas ilustrar o argumento teórico, que se considera seja a principal contribuição do texto.

1. A PERSPECTIVA GRADUALISTA DO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA: A NOVA TEORIA DO CRESCIMENTO OU TEORIA DO CRESCIMENTO ENDÓGENO

A nova teoria do crescimento ou teoria do crescimento endógeno — a versão hoje dominante da teoria *mainstream* do desenvolvimento econômico — atribui o crescimento econômico de um país fundamentalmente à acumulação de conhecimento que está sujeita a rendimentos crescentes.⁵ São exemplos de atividades capazes de apresentar rendimentos crescentes os investimentos visando ao domínio de novas técnicas produtivas, a elaboração de fórmulas metalúrgicas e processos químicos e os projetos de *designs* mecânicos. O resultado desses investimentos são bens que têm duas caracte-

rísticas fundamentais: são não-rivais e apenas parcialmente exclusivos. Nessas condições, seu uso como insumo produtivo por uma firma não exclui sua utilização simultânea por outras firmas virtualmente sem custos.

O exemplo já clássico dado por Romer (1990a) é o de duas economias idênticas em todas as características, inclusive na alocação dos recursos para pesquisa, operando em total isolamento. Para a teoria clássica do comércio internacional, não haveria ganhos para nenhuma delas se o isolamento comercial fosse rompido. Já para a nova teoria do crescimento, os ganhos seriam significativos. Por não haver limites para a utilização de bens não-rivais, não faz sentido manter engenheiros nos dois países para resolver os mesmos problemas duas vezes; quando o comércio começa a ocorrer, um dos países pode alocar seus engenheiros para solucionar outros tipos de problemas (ou dar férias indefinidamente a eles), beneficiando-se do conhecimento gerado pelos engenheiros do outro país, que, note-se, não perderá absolutamente nada com isso. Isso indica que a utilização de insumos não-rivais cria não-convexidades, associadas com a existência de rendimentos crescentes de escala, que tornam a função de produção não-côncava. Para visualizar isso, suponha-se que na função de produção abaixo, k_i representa investimento em conhecimento realizado pela firma i , x_i os demais insumos utilizados e $K = \sum k_i$ o estoque de conhecimento disponível. Como o insumo conhecimento é não-rival, o aumento do investimento em conhecimento gera retornos crescentes de escala, na medida em que o investimento da firma individual aumenta o estoque global de conhecimento, implicando que a produção aumentará numa proporção maior do que aumentou a utilização dos insumos. Assim sendo, F é uma função homogênea de grau 1 nos investimentos em conhecimento e nos demais insumos físicos, exibirá retornos crescentes em relação ao estoque acumulado de conhecimento, e o crescimento tornar-se-á endógeno (por causa dos retornos crescentes existentes na atividade de acumulação de conhecimento), pois:

$$F(\omega k_i, \omega K, \omega x_i) > F(\omega k_i, K, \omega x_i) = \omega F(k_i, K, x_i).$$

Um modelo paradigmático da teoria do crescimento endógeno, que confere à acumulação de conhecimento papel-chave na explicação do desenvolvimento econômico explicitado acima, é proposto também por Romer (1990b). Suas principais hipóteses são as seguintes:

- (i) A economia modelada é composta por três setores: (1) o setor produtor de bens finais, que usa como insumos trabalho, capital humano e bens de capital; (2) o setor produtor de bens de capital, que transforma bens de consumo em bens de capital, utilizando os *designs* produzidos pelo setor de pesquisa; e (3) o setor de pesquisa, que usa capital humano e o estoque existente de conhecimento para produzir *designs* de novos bens de capital, cujo montante constitui o estoque de conhecimento da economia.
- (ii) O estoque de conhecimento A é definido como o número finito de bens de capital já inventados e utilizados na produção de bens finais. Assim, se $x = \{x_i\}_{i=1}^{\infty}$ é a lista dos insumos usados por uma firma produtora de bens finais, há algum valor A tal que $x_i = 0$ para todo $i \geq A$.
- (iii) A é o componente não-rival do conhecimento, estando disponível para o uso de todas as firmas produtoras de bens finais, mesmo para aquelas que não incorreram nos custos de produção dos *designs*.
- (iv) H , a disponibilidade de capital humano, é o componente rival do conhecimento e está dado para a economia como um todo em cada momento.
- (v) As firmas produtoras de bens finais e de *designs* são *price takers* e as produtoras de bens de capital operam em concorrência imperfeita, cada uma delas produzindo um tipo distinto i de bem de capital, deparando-se portanto com uma curva de demanda negativamente inclinada por seu produto.

O produto final agregado de cada um dos setores, obedecendo às hipóteses acima, será dado por:

$$(1) Y(H_\gamma, L, x) = H^\alpha \gamma L^\alpha \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta}$$

$$(2) K = \eta \sum_{i=1}^A x_i$$

$$(3) \dot{A} = \delta H_A A$$

onde H_γ e H_A são as parcelas do capital humano total da sociedade empregados respectivamente na produção de bens finais e de novos *designs*, η é o

coeficiente de transformação de bens finais em bens de capital e os demais símbolos já foram definidos anteriormente ou são os usuais em funções do tipo Cobb-Douglas.

A mensagem básica da nova teoria do crescimento pode ser sintetizada utilizando essas equações da seguinte forma: dados valores para H_γ e L , pode-se derivar a demanda por bens de capital por parte das firmas produtoras de bens finais, fazendo (observar que o limite superior de integração é ∞ , pois o nível de conhecimento alcançado será resultado das decisões maximizadoras das firmas; isto é precisamente o que dá o caráter endógeno da teoria):

$$\max_x \int_0^{\infty} H_\gamma^\alpha L^\beta x(i)^{1-\alpha-\beta} - p(i) x(i) di$$

o que permite obter a função de demanda por bens de capital diferenciando-se sob o sinal de integral:

$$p(i) = (1 - \alpha - \beta) H_\gamma^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta}.$$

As firmas produtoras de bens de capital tomarão suas decisões de produzir mais bens de capital de um mesmo nível tecnológico, maximizando o lucro (π) onde:

$$\pi = p(x) x - r\eta x$$

e o termo negativo representa o custo financeiro das ηx unidades de bens finais necessárias para produzir x unidades de bens de capital.

A decisão de encomendar novos *designs* ao setor de pesquisa finalmente será tomada comparando o fluxo descontado de lucros esperados com o preço dos novos *designs* P_A (considerado como dado), isto é:

$$\pi(t) = r(t)P_A.$$

O passo final da argumentação consiste em demonstrar que decisões tomadas por firmas maximizadoras produzem *spill overs* de conhecimento para outras firmas, isto é, lucros não apropriáveis pelas firmas que incorrem nos custos de produzir os novos *designs*. Isto é facilmente realizado utilizando a função de produção do setor de pesquisa.

As decisões privadas de produzir novos *designs* implicam uma maior alocação de capital humano em pesquisa. Mas, segundo a função de produção do setor 3, isso também aumenta o estoque de conhecimento, o qual, pela sua natureza não-rival, pode ser utilizado por firmas no setor de bens finais que não incorreram nos custos fixos iniciais de produção dos *designs*. O aumento em A , em outras palavras (ao aumentar o intervalo de integração da função de produção 1), aumenta os lucros totais mais do que os lucros adicionais apropriados pelas firmas que encomendaram os novos *designs* de bens de capital. Em termos mais rigorosos, a não-convexidade acima decorre essencialmente do fato de que A entra como um insumo na produção de dois modos: indiretamente, ao disponibilizar novos bens de capital para o conjunto da economia, e diretamente, em conjunto com o capital humano no setor de pesquisa, ao viabilizar a produção de novos *designs* de bens de capital.

A solução formal do modelo para trajetórias de crescimento equilibrado, da qual não daremos detalhes aqui, estabelece que a taxa de crescimento econômico relaciona-se com a taxa de crescimento da produção de conhecimento através do volume de capital humano alocado em pesquisa. Como a disponibilidade de capital humano no modelo é fixa, a taxa de crescimento econômico dependerá então do estoque total de capital humano da sociedade e dos coeficientes da função de preferência intertemporal, que definem o quanto a sociedade deseja sacrificar do consumo presente, liberando capital humano da produção de bens finais para a produção de conhecimento.

A mesma conclusão sobre o papel vital do capital humano como elo de ligação entre o ritmo de inovação tecnológica e a taxa de crescimento econômico, em maior nível de detalhe, é obtida em outro modelo paradigmático da teoria do crescimento endógeno: Grossman e Helpman (1991).⁶ Em termos muito gerais, o modelo mostra, como o modelo de Romer, que é possível estabelecer uma relação de proporcionalidade entre o crescimento do produto e a taxa de inovação tecnológica, a qual, por sua vez, depende da alocação de trabalho entre a produção e a pesquisa e desenvolvimento. Mas vai além, identificando as fontes primárias de crescimento entre os vários fatores que afetam o incentivo à pesquisa e, portanto, a alocação de trabalho em pesquisa e desenvolvimento, como a produtividade do trabalho em

pesquisa — que depende do estoque de capital humano da sociedade —, o tamanho da população do país e o grau de monopólio alcançado pelos empresários inovadores, que dá a medida da sua capacidade de apropriação de lucros extraordinários gerados pelas inovações.

Com base nas idéias formalizadas acima, a nova teoria do crescimento fornece uma série de prescrições para os países subdesenvolvidos. A principal delas é a de que políticas de liberalização comercial podem acelerar significativamente a taxa de crescimento econômico ao permitir ao país acesso ao estoque de conhecimento mundial, inacessível de outro modo em razão das deficiências em capital humano. A nova teoria do crescimento, em resumo, permite identificar:

(...) In a developing country like the Philippines, what are the best institutional arrangements for gaining access to the knowledge that already exists in the rest of the world. In a country like the United States, what are the best institutional arrangements for encouraging the production and use of new knowledge. (Romer, 1994, p. 21)

O problema com a nova teoria do crescimento é que ela explica apenas uma parte da questão. Deve ser óbvio que o crescimento econômico não depende só do conhecimento. Se fosse assim, os países que liderassem a industrialização em uma grande onda de inovação, como a Inglaterra no período da primeira revolução industrial, dificilmente seriam superados por países retardatários, sendo difícil mesmo compreender por que a revolução industrial ocorreu primeiramente na Inglaterra, que não dispunha de muito mais capital humano do que outros países europeus. Países com elevado nível de capital humano mas, por outro lado, onde faltam outras condições para o crescimento, como Cuba, já teriam se inserido no grupo dos países desenvolvidos (a respeito dessa discussão, ver Bueno, 1998). O registro histórico, além disso, não mostra uma tendência ao crescimento gradual dos países à medida que vão acumulando conhecimento, mas períodos curtos de intensa atividade inovativa seguidos por períodos de estabilidade com taxas anuais de crescimento às vezes surpreendentemente modestas, mesmo nos países líderes (ver Crafts, 1995), exatamente como previsto pela hipótese da evolução tecnológica por equilíbrios pontuados, resumida na próxima seção.

2. A HIPÓTESE DA EVOLUÇÃO POR EQUILÍBRIOS PONTUADOS

Aparentemente, a tese dos equilíbrios pontuados, formulada inicialmente por S. J. Gould para a biologia, mas começando a ser utilizada em pesquisas de fronteira da própria economia *mainstream*, parece oferecer uma explicação mais consistente com a evidência histórica do processo de mudança tecnológica do que a fornecida pela nova teoria do crescimento.

Na biologia, o trabalho dos paleontologistas, Gould entre eles, tem mostrado de modo cada vez mais conclusivo que a evidência fóssil sugere que o progresso evolutivo acontece de forma descontínua, com longos períodos de estagnação ou *stasis* pontuados por estouros súbitos de mudança abrupta; este é o conceito de equilíbrios pontuados. A imagem de períodos longos de *stasis* pontuados por estouros de mudança fundamental nos últimos dois milênios é semelhante ao padrão de mudança tecnológica, segundo o qual, como lembra Mokyr (1991: 485), a maioria das sociedades que já existiram não era tecnologicamente criativa, e as que eram, o foram por períodos relativamente breves. Na história econômica de mudança tecnológica, em outras palavras, *stasis* foi a regra, não a exceção.

As discontinuidades na evolução ocorrem porque os principais fatores de inovação na biologia e na história da tecnologia são, respectivamente, as macromutações e as macroinvenções. O pioneiro dessa idéia na biologia, que mais tarde foi formulada mais rigorosamente por Gould, foi Richard Goldshmidt, em 1940, cuja tese pode ser resumida como se segue.⁷

A evolução biológica pode ocorrer através de macro ou micromutações. As primeiras são raras e incomuns, mas quando acontecem, criam espécies completamente novas que em alguns casos podem sobreviver. As macromutações, nas palavras de Goldshmidt, criam os “monstros promissores, mutações radicais com conseqüências fenotípicas profundas que, sob certas circunstâncias, abririam novas trajetórias evolutivas”. Para isso ser possível no mundo brutal de seleção darwiniana, porém, essas novas espécies terão que sofrer alterações secundárias e aperfeiçoamentos — micromutações — que permitam aos seus descendentes adaptar-se completamente ao seu ambiente. Os dois processos, em suma, devem ser complementares: as macromutações criam espécies novas viáveis e as micromutações as aperfeiçoam.

O paralelo com a evolução tecnológica consiste na distinção entre macroinvenções que cria uma técnica nova e microinvenções que as refinam e as melhoram. As primeiras tendem a ocorrer de forma abrupta e descontínua, enquanto as microinvenções normalmente satisfazem a regra de que “*natura non facit saltum*”. Seguindo uma macroinvenção típica, um número grande de microinvenções (algumas delas muito complexas) aperfeiçoam a nova idéia e a tornam executável.

Um aspecto crucial da hipótese da evolução tecnológica por equilíbrios pontuados é que os processos pelos quais surgem as microinvenções e as macroinvenções são bem diferentes. A história das microinvenções é descrita pela literatura econômica padrão de mudança tecnológica que relaciona os investimentos em pesquisa e desenvolvimento com o registro de patentes ou reduções de custo. A conclusão geral desses estudos é que as microinvenções respondem aos incentivos de mercado, sendo sensíveis em relação a preços de fatores produtivos, restrições geográficas, relações de trabalho etc. Mas, enquanto estas permanecem dentro de um mesmo paradigma tecnológico, as macroinvenções criam um novo paradigma e não podem ser explicadas pelos mesmos mecanismos basicamente de mercado referidos acima, mas por processos que ainda são pobremente compreendidos.

Não é de surpreender, portanto, como observa Crafts (1995: 767), que a teoria do crescimento endógeno descrita na seção anterior explique de forma mais convincente o surgimento de microinvenções, mas seja claramente insuficiente para explicar o aparecimento das macroinvenções. No caso da Inglaterra, por exemplo, como mencionado na seção anterior, não há como explicar o aparecimento das grandes invenções que desencadearam a primeira revolução industrial como resultado de uma vantagem absoluta em conhecimento e capital humano. Na realidade, a Inglaterra deveu seu sucesso a uma vantagem comparativa em microinvenções. Muitas de suas macroinvenções foram de fato importadas de fora, levando um observador suíço em 1766 a declarar que para algo funcionar, é preciso que seja inventado na França e aperfeiçoado na Inglaterra.⁸

Tudo o que se pode afirmar com segurança, com base na teoria da evolução por equilíbrios pontuados, é que as macroinvenções aparecem em *clusters* e por isso ocorrem os “estouros” de inovações que caracterizam as revoluções industriais. Uma possível explicação para esse fenômeno, segun-

do Mokyr (1990: 298), é que as macroinvenções não são eventos independentes, mas influenciam umas as outras, criando externalidades positivas. Um ou dois inventores isolados podem não ser suficientes para começar uma revolução industrial, mas com alguns mais, os efeitos mútuos de imitação e aprendizagem podem ficar fortes o bastante para começar algo muito maior.

Isto é, uma vez iniciado o processo de introdução de inovações, este segue a mesma lógica de rendimentos crescentes utilizada pela nova teoria do crescimento. O problema é que, com relação à hipótese da evolução por equilíbrios pontuados, é impossível explicar satisfatoriamente o seu início, onde e por que ela ocorre, se a partir das revoluções industriais ou dos processos de rápida mudança tecnológica, exatamente pela natureza imprevisível das macroinvenções. A nova teoria do crescimento elude este problema, por assumir que a inovação tecnológica ocorre de forma contínua ou através da introdução progressiva de microinovações, respondendo à acumulação de conhecimento, como se para todos os efeitos as revoluções industriais e os períodos de rápida mudança tecnológica nunca tivessem ocorrido.

Resumindo: a hipótese da evolução por equilíbrios pontuados parece fornecer uma interpretação mais convincente da história da modernização tecnológica, na medida em que, diferentemente da nova teoria do crescimento, procura explicar aqueles momentos de inovação tecnológica radical, em que ocorrem as macroinvenções que transformam decisivamente as técnicas produtivas. O problema é que deixa inexplicado o próprio fator explicativo fundamental, isto é, por que e em que condições surgem as macroinvenções. A seção seguinte procura contribuir para suprir essa deficiência, adiantando ao mesmo tempo algumas idéias que serão cruciais para explicar a persistência do subdesenvolvimento tecnológico na periferia.

3. A MODERNIZAÇÃO RADICAL E A TEORIA DO *BIG PUSH*

Vimos nas duas seções anteriores que não apenas a teoria *mainstream*, por adotar uma visão essencialmente gradualista do processo, mas também a hipótese da evolução por equilíbrios pontuados deixa inexplicados o início daqueles períodos de modernização tecnológica radical como as duas primeiras revoluções industriais. A hipótese que avançaremos aqui é que um

dos aspectos essenciais desses processos e sem o qual eles provavelmente não ocorreriam é o fato de que eles não apenas se desdobram como processos cumulativos, como também para dar início a esses processos é necessário um *big push* inicial. Então esse grande impulso é necessário não apenas para induzir a industrialização em países periféricos, como percebido por Rosenstein-Rodan e outros ainda na década de 1950, mas foi também a forma como os principais processos de modernização tecnológica radical conhecidos de fato aconteceram. Três são as razões principais para isso, as duas primeiras normalmente enfatizadas na literatura sobre desenvolvimento econômico, mas a terceira não.

A primeira é que, obviamente, um investimento significativo em novas tecnologias requer a existência de um mercado de bens finais para as firmas que lhes permita operar com custos fixos unitários iniciais toleráveis; isto é, os investimentos em novas tecnologias requerem uma escala mínima de produção que só pode ser obtida se vários ramos produtivos envolverem-se simultaneamente no processo de modernização tecnológica. Este é o ponto de Rosenstein-Rodan, na explicitação do famoso modelo *big push*,⁹ por tanto tempo ignorado pela teoria econômica *mainstream*, mas agora sendo “redescoberto” pelos melhores economistas neoclássicos.¹⁰

A segunda razão para os investimentos em novas tecnologias ocorrerem, via de regra, em *clusters* é que a aplicação prática de novos princípios técnicos a determinados processos industriais gera *spill overs* para outros ramos da indústria, exatamente como sublinham os autores da nova teoria do crescimento. A razão disso é que a solução de problemas em determinados processos industriais, pela sua natureza de bem não-rival, torna-se disponível para utilização em outros processos por outras firmas. E porque as soluções de problemas técnicos ocorrem normalmente (embora nem sempre) em primeiro lugar nas indústrias produtoras de bens de capital, os processos cumulativos são geralmente desencadeados por um conjunto de inovações nessas indústrias. Esta é a história que nos contam, por exemplo, Rosenberg (1976) e, mais recentemente, Romer (1996) sobre o *big push* da economia americana entre 1840 e 1880. Não podemos dar detalhes desse processo aqui, mas cumpre observar que o impulso para a industrialização veio principalmente de um processo conhecido como convergência tecno-

lógica, em que firmas envolvidas nos mais variados tipos de bens passaram a usar o mesmo tipo de maquinaria de usinagem de metais, criando a demanda que permitiu o surgimento de uma indústria de bens de capital constituída por empresas autônomas e especializadas operando em escalas eficientes de produção. O aperfeiçoamento dessas máquinas através de *learning by doing*, por outro lado, gerou o conhecimento que pode ser aplicado não só na solução dos problemas específicos das indústrias originais, como em vários outros processos industriais. Nas palavras de Rosemberg (p. 14):

(...) The machine tool industry, then, originated out of a response to the machinery requirements of a succession of particular industries; while still attached to their industries of origin, these establishments undertook to produce machines for diverse other industries, because the technical skills acquired in the industry of origin had direct application to production problems in other industries; and finally, with the continued growth in demand for an increasing array of specialized machines, machine tool production emerged as a separate industry consisting of a large number of firms most of which confined their operations to a narrow range of products — frequently to a single type of machine tool, with minor modifications with respect to size, auxiliary attachments, or components.

A terceira razão por que a industrialização ocorre segundo processos de *big push*, não mencionada nas obras de referência sobre o tema mencionadas acima, é o fato de a mudança tecnológica estar sujeita ao fenômeno da aceleração, pelo fato de as inovações tecnológicas serem geradas principalmente nas indústrias de bens de capital.¹¹ O princípio é bem conhecido, mas é útil ilustrar seu funcionamento em economias em vias de se industrializar com um exemplo simples.

Suponha-se que em uma certa economia ainda não industrializada o governo implemente um conjunto de medidas para desencadear um *big push* liderado, por exemplo, pela indústria automobilística. Suponha-se também que a demanda inicial estimada de automóveis, até o momento suprida por importações, seja de 500 mil unidades e que sua taxa de crescimento daí por diante seja de 10% ao ano. A implantação do núcleo moderno exige pesados investimentos iniciais, por exemplo, na produção de toda a maquinaria que comporá as linhas de montagem da indústria automobilística. Supondo que

a indústria de bens de capital nacional seja de fato capaz de ampliar sua própria capacidade no prazo, digamos, de um ano, para responder a essa enorme demanda e abstraindo dos efeitos de demanda intermediária, ela estará em condições de fornecer daí para a frente pelo menos essa mesma quantidade de bens de capital a cada período. Acontece que após os investimentos iniciais, a indústria automobilística irá absorver apenas uma parcela muito pequena dessa soma. Para uma produção de 55 mil veículos no segundo ano, ela já disporá de bens de capital suficientes para produzir 500 mil. Sua demanda por bens de capital, a se manter a mesma relação capital/produto, portanto, será dez vezes menor que no primeiro ano.

A demanda de automóveis, no exemplo acima, acelerou a produção de bens de capital, de modo que a capacidade ampliada que viabilizou o atendimento dessa demanda pode agora produzir máquinas a custos fixos adicionais irrisórios para muitos outros ramos de produção final; isto é, os investimentos iniciais criam externalidades para outros potenciais usuários desses bens de capital. Por outro lado, esses investimentos iniciais só farão sentido se houver um número suficiente de usuários potenciais desses bens. Se não for este o caso, a indústria de maquinaria terá de operar em uma escala não econômica de produção, o que acabará por estancar o processo de inovação.

Na industrialização americana, por exemplo, foram fundamentais os avanços técnicos gerados inicialmente na indústria de armamento, permitindo adquirir os conhecimentos necessários para produzir bens com grau de precisão até então inatingidos. Uma etapa mais avançada do processo foi o desenvolvimento da tecnologia que permitiu a produção das peças intercambiáveis. Mas os investimentos para adaptar as fábricas para a utilização dessas peças, como o advento da linha de montagem na indústria automobilística, só faziam sentido se houvesse um mercado de bens finais grande o suficiente para justificar a produção em massa desses bens. Nos Estados Unidos, isso só foi possível porque as estradas de ferro, em poucos anos, integraram o imenso território americano, constituindo talvez o maior mercado urbano que já existiu,¹² mas o mesmo não aconteceu na Inglaterra. Ali as estradas de ferro não tinham alterado substancialmente as dimensões do mercado interno, isto, é não tinham criado a demanda final que justificasse a introdução das novas tecnologias. Ao contrário, o equipamento existente já parecia mais que suficiente para atender à demanda de máquinas e peças

por muitos anos à frente; para que então substituí-lo, se até então ele geralmente tinha se mostrado eficiente?

O empresário inglês encontrava-se então em uma situação em que parecia racional — e só se pode saber que não o era retrospectivamente — não realizar os grandes investimentos necessários para adaptar as fábricas às novas tecnologias desenvolvidas nos Estados Unidos, não por um problema de qualquer deficiência relativa do estoque de conhecimento, mas meramente por uma questão econômica. Segundo Landes (1986: 362):

(...) O peso do avanço e do crescimento anteriores oprimia muito os produtores ingleses. Como disse Lowthian Bell, numa comparação entre as práticas britânica e norte-americana, “o siderurgista inglês achava-se numa situação um pouco diferente, na medida em que se gastasse 25.000 libras para fazer [uma] economia, teria que sacrificar as 25.000 libras que já havia desembolsado”. E um outro comentou: “Tem-se que estar inteiramente convencido da superioridade de um novo método para condenar como inútil uma grande fábrica que até então prestou bons serviços.”

A conclusão desta seção é que se a industrialização ou uma transformação tecnológica radical, como as revoluções industriais, têm de ocorrer, elas o farão por processos do tipo *big push*, isto é, as inovações tecnológicas terão de ocorrer em *clusters* e ser aplicáveis em vários ramos da economia, para fazerem sentido econômico. Esta é a razão por que, olhando as séries históricas, a tese da evolução por equilíbrios pontuados nos parece tão convincente: os períodos de inovação tecnológica radical são rápidos e ocorrem em *clusters*, assemelhando-se a “estouros”, enquanto os períodos de difusão de um novo paradigma tecnológico — ou de microinovações, segundo Joel Mokyr — compreendem a maior parte das séries. Isso explica também o porquê e sugere onde esses estouros são mais prováveis de acontecer, a saber, onde haja espaço, isto é, mercado suficiente para justificar a produção de bens de capital com a nova tecnologia em escala eficiente. Finalmente, ajuda a dar algum fundamento teórico à lei de Cardwell, isto é, por que os países tecnologicamente mais dinâmicos em uma determinada fase da industrialização normalmente são ultrapassados, quando o paradigma tecnológico muda, por outros que não se comprometeram tanto com a tecnologia do antigo paradigma. Isto ocorre, em resumo, exatamente por não terem tido um desempenho econômico comparável ao dos primeiros.

4. SPILL OVERS TECNOLÓGICOS E EXTERNALIDADES PECUNIÁRIAS

A discussão realizada na seção anterior pode ser colocada em termos um pouco mais rigorosos distinguindo-se, como faziam os autores desenvolvimentistas das décadas de 1950 e 1960, os conceitos de externalidades pecuniárias e tecnológicas. As primeiras resultariam do fato de que, ao investirem simultaneamente, firmas pertencentes a vários setores da economia alargam o mercado para bens produzidos para cada uma delas, possibilitando a operação em uma escala que torna economicamente viável incorrer nos custos fixos iniciais requeridos por uma nova tecnologia — esse tipo de externalidade é dito pecuniário porque manifesta-se para a firma individual através do mercado via maiores fluxos de receitas provenientes de vendas. O segundo tipo de externalidade, por outro lado, resulta do fato de as firmas beneficiarem-se gratuitamente ou a custos irrisórios de inovações geradas por firmas — às vezes pertencentes a setores completamente diversos das primeiras — que incorreram nos custos fixos iniciais de desenvolver as novas tecnologias. As externalidades pecuniárias são evidentemente as apontadas por Smith, ao enfatizar a dimensão do mercado para o crescimento da produtividade, enquanto que as segundas compreendem os *spill overs* de conhecimento enfatizados pela nova teoria do crescimento, resumida na seção 1 deste trabalho.

Essa distinção, entretanto, embora essencial para compreender o efeito das externalidades em modelos estáticos, deixa de parecer tão crucial quando examinamos o processo de modernização considerando o efeito da aceleração na produção de bens de capital. O processo cumulativo virtuoso de inovações tecnológicas descrito por Rosemberg para a economia americana, impulsionado fundamentalmente pela indústria de máquinas-ferramenta, dificilmente pode ser concebido sem considerar simultaneamente as externalidades pecuniárias geradas pelas estradas de ferro ao integrar o mercado de consumo dos Estado Unidos. Mas a simples existência de mercados seria insuficiente para explicar o processo todo. Isto é, os *spill overs* tecnológicos são um fator independente de modernização tecnológica e crescimento econômico, na medida em que sua dinâmica não pode ser reduzida aos estímulos gerados por um mercado em expansão, como por exemplo ocorre na relação smithiana já mencionada entre divisão do trabalho e expansão dos mercados. O aumento da dimensão dos mercados, entretanto, é uma

condição necessária para que o ciclo de inovações apoiado em *spill overs* tecnológicos possa ocorrer.

Essas idéias são facilmente sintetizáveis em um modelo formal como o adaptado por Krugman (1996) a partir do trabalho de Murphy *et al.* (1989), que explica a ocorrência de processos do tipo *big push* através da geração de externalidades pecuniárias; no que segue, incorporaremos uma pequena modificação adicional ao modelo original a fim de visualizar o efeito conjunto das externalidades pecuniárias e tecnológicas. Como visto, para que isso possa ocorrer é necessário que a demanda agregada da economia cresça de modo a simultaneamente permitir operação em escala adequada das empresas que utilizam as novas tecnologias e induzir as que geram inicialmente as novas tecnologias a superar o efeito da aceleração.

O modelo representa uma economia fechada descrita pelas seguintes características:

- (i) Oferta de fatores: O trabalho (L) é o único fator de produção e pode ser empregado na produção de qualquer de um grande número de bens i , seja no setor moderno, caracterizado por retornos crescentes, seja no setor tradicional, que apresenta retornos constantes de escala. Ao trabalho no setor moderno (w) é pago um prêmio sobre os salários do setor tradicional, que é tomado como unidade de medida (isto é, $w > 1$), porque por hipótese, o setor moderno situa-se predominantemente nas cidades, onde os indivíduos dependem mais da renda monetária para sobreviver.
- (ii) Tecnologia: As unidades são escolhidas de modo que a produtividade do trabalho é igual a 1 em cada um dos i bens produzidos pelo setor tradicional. No setor moderno, a quantidade de trabalho requerida para a produção de uma unidade do bem i é decrescente não linearmente na escala de produção (diferentemente do modelo original e da versão de Krugman), segundo uma função do tipo:

$$L_i = F + c_i Q_i^\alpha$$

onde c é um índice relativo de intensidade de utilização do fator trabalho e c e α são números positivos e inferiores à unidade.

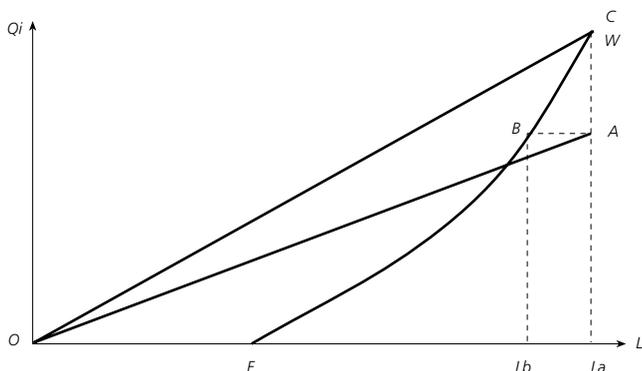
- (iii) Demanda: A demanda para cada um dos bens é Cobb-Douglas e simétrica, de modo que cada um dos bens recebe uma parcela constante $1/i$ do gasto.

- (iv) Estrutura de mercado: Concorrência perfeita nos ramos pertencentes ao setor tradicional, de modo que a oferta de bens é dada pela curva de custo marginal de produção, isto é, pela produtividade marginal do trabalho que, pela pressuposição (ii), é igual a 1; nos ramos do setor moderno, por outro lado, a produção de cada bem i é realizada por uma única firma monopolista, a qual, entretanto, está sujeita à concorrência potencial de outras firmas, já que o número de bens produzidos é grande, o que sugere a possibilidade de haver bens substitutos e impede que essas firmas possam aumentar seus preços sem limite; o preço máximo fixado por cada firma do setor moderno será então dado pelo preço praticado pelas firmas no setor concorrencial, isto é, 1. O gráfico 1 mostra em que condições firmas pertencentes ao setor tradicional passam a adotar as novas tecnologias utilizadas no setor moderno.

A curva FC representa a função de produção das firmas no setor moderno e a reta de 45° (OA), a das firmas do setor tradicional. Em que condições essas últimas firmas adotarão a tecnologia moderna, passando, por exemplo, do ponto A para o ponto B ?

Operando no ponto B , elas produzirão a mesma quantidade de produto que antes, vendendo pelo mesmo preço (1), mas utilizando uma menor quantidade de trabalho. Terão, entretanto, de pagar mais por esse trabalho, o que, como mostra o gráfico, torna esse movimento não lucrativo, na medida em que o ponto B localiza-se abaixo da reta OW , que mostra a soma de produto a ser paga como salários no setor moderno a cada nível de produ-

Gráfico 1: Funções de produção para os setores tradicional e moderno



ção. Como cada bem recebe uma parcela constante $1/i$ dos gastos, a mudança para a nova tecnologia só será lucrativa se várias firmas fizerem-no simultaneamente, empregando mais trabalho e assim gerando mutuamente mais demanda por bens, permitindo que a firma que produz o bem i , retratada no gráfico, eleve a escala de produção em direção ao nível de emprego La . Mas, em razão dos *spill overs* tecnológicos, além da redução dos custos fixos unitários proporcionada pelo aumento da escala, os custos variáveis também caem. As inovações incrementais induzidas por uma demanda firme que permite superar o efeito da aceleração na produção de bens de capital, em outras palavras, implicam uma queda nos coeficientes de utilização de trabalho à medida que a escala de operação cresce. Esse resultado pode ser verificado mais formalmente se observarmos que a inclinação da curva FC em cada ponto é dada por:

$$\frac{1}{c\alpha} \left(\frac{Li - F}{c} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}.$$

Ou seja, a inclinação aumenta (os custos unitários diminuem) com a expansão da escala de produção, isto é, com o aumento de Li , tanto mais rapidamente quanto menor for o valor de α , o que indica um ritmo mais intenso de inovações incrementais. Esse ritmo, entretanto, só pode ser mantido, como discutido anteriormente, se a demanda interfirmas aumentar o suficiente para superar o efeito da aceleração. Mas isso, obviamente, pode não acontecer.

O modelo acima apresenta três equilíbrios: o primeiro, em que nenhuma firma adota a tecnologia moderna (ou em que a industrialização não ocorre em países em vias de se industrializar); o segundo, em que uma parte delas a adota e outra não; e o terceiro, em que todas a adotam. Qual prevalecerá dependerá da intensidade do impulso inicial. Se ele for insuficiente, nem a demanda final justificará incorrer nos custos fixos requeridos pela nova tecnologia, nem gerará demanda suficiente sobre os ramos produtores de bens de capital, que são os responsáveis pela geração de inovações incrementais que permitem escalar a curva FC . Se o impulso for suficientemente intenso, por outro lado, ele permitirá que as firmas não apenas operem em escala eficiente, mas também que as firmas produtoras de bens de capital, especificamente, superem o impacto da aceleração, gerando as inovações que permitem reduzir os custos variáveis nos diversos setores da economia.

5. IMPLICAÇÕES DA HIPÓTESE DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA POR EQUILÍBRIOS PONTUADOS PARA ECONOMIAS PERIFÉRICAS: O CASO DO BRASIL

A implicação principal da validade da hipótese é que se a industrialização não ocorre, em seus momentos decisivos, através de processos contínuos, mas por saltos produzidos por *big pushes*, alcançar e preservar uma trajetória de modernização tecnológica requer mais do que prescreve a versão *mainstream* da teoria atual do desenvolvimento econômico. Em particular, não basta apenas aprofundar o grau de liberalização comercial nas economias periféricas, nem mesmo — por mais desejável que isso seja de acordo com outros critérios — aumentar significativamente os investimentos em capital humano; o processo de modernização tecnológica sustentada requer uma coordenação de atividades econômicas que garanta uma demanda em expansão, capaz de gerar as externalidades pecuniárias indispensáveis ao setor privado.

Por outro lado, a mera existência de um mercado cativo graças à imposição de barreiras comerciais, como se fez no Brasil durante o período de substituição de importações, não garante que a economia possa dar o salto tecnológico requerido para superar o subdesenvolvimento econômico, na medida em que os *spill overs* tecnológicos são um fator independente do processo.

Assim, em resumo, a dimensão de mercado apropriada é uma condição necessária mas não suficiente para a modernização tecnológica. A outra condição é que sejam asseguradas as condições para os *spill overs* tecnológicos se desdobrarem por um número de setores econômicos capaz de desencadear um processo de *big push*. Não é difícil apoiar essa conclusão em evidência empírica para o Brasil no período recente.

Uma proposição falseável da teoria exposta aqui é que os ramos produtores de bens de capital, graças ao efeito da aceleração, são os mais vulneráveis a uma ausência de coordenação que assegure uma demanda em expansão para esses ramos por parte dos ramos produtores de bens finais; nessas condições de ampliação da capacidade ociosa dos principais responsáveis pela geração de *spill overs* tecnológicos, além disso, o ritmo de inovação tecnológica geral da economia deverá ser lento, com exceção dos ramos em

que não apenas a demanda tenha crescido de forma satisfatória, mas em que os *spill overs* tecnológicos gerados em outros ramos industriais possam ser aproveitados. De qualquer modo, as inovações localizadas nesses ramos serão insuficientes para desencadear um processo do tipo *big push*, se os ramos produtores de bens de capital defrontarem-se com dificuldades de realização dinâmica. Parece que isso retrata bastante bem o que aconteceu ao longo da década de 1980 na economia brasileira.

Com o II PND, o Brasil visava completar sua estrutura industrial, expandido substancialmente a capacidade produtiva dos ramos produtores de bens de capital e insumos básicos, o que de fato foi alcançado em linhas gerais no início dos anos 80, quando os principais investimentos maturaram. A crise que se instalou a partir de então refletiu em parte, ao que tudo indica, o esgotamento de um padrão de desenvolvimento em que o conjunto de atividades que liderava o crescimento na década anterior e dependia essencialmente do investimento público¹³ com demanda final não foi substituído por outro, mas por algumas atividades isoladas, como a informática. Esta, entretanto, pela falta de articulação com os demais ramos do complexo eletrônico, mostrou-se incapaz de imprimir dinamismo ao restante da economia, isto é, desencadear um processo do tipo *big push* (ver, por exemplo, Erber, 1993). Nessas condições, a capacidade ampliada em vários ramos industriais como resultado das políticas implementadas a partir do II PND, principalmente nos ramos produtores de bens de capital, vai constituir-se muito mais num problema do que numa solução para a economia, no sentido de constituir-se, como na Inglaterra no período da segunda revolução industrial, num fator de inibição do progresso tecnológico.

Para uma evidência empírica um pouco mais rigorosa da proposição de que a estagnação da economia brasileira a partir de 1980 tem a ver, ao menos parcialmente, com o efeito acelerador, comparem-se os gráficos 2, 3, 4 e 5.

No gráfico 2, retrata-se a simulação da dinâmica do investimento utilizando o modelo simples multiplicador/acelerador de Samuelson, assumindo valores relativamente baixos da propensão a consumir e da relação do acelerador (0,5 e 1,7, respectivamente). A figura mostra o impacto de uma unidade monetária de gasto público realizado no ano zero sobre os investimentos privados planejados nos 29 anos seguintes.

No gráfico 3, apresenta-se a evolução da produção de bens de capital em números índices mensais para 29 anos, iniciando em janeiro de 1975. A série foi filtrada pelo procedimento Hodrick-Prescott, disponível no *E-views*, que computa a série filtrada “*s*” minimizando a variância de “*s*” em relação à série original, sujeito a uma penalidade que restringe a segunda diferença de “*s*” (para maiores detalhes, ver Hodrick e Prescott, 1997). Observe-se que, se considerarmos esse indicador como uma *proxy* razoável para o investimento bruto da economia, este cresce significativamente no período de implementação do II PND na segunda metade dos anos 70 (as primeiras 60 observações), passando a apresentar um comportamento oscilatório amortecido a partir de então, exatamente como a série teórica produzida pela ação conjunta do multiplicador acelerador.

Gráfico 2: Dinâmica da série teórica do investimento no modelo multiplicador/acelerador

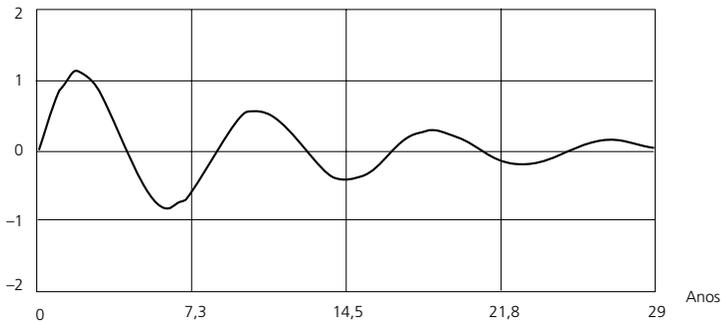
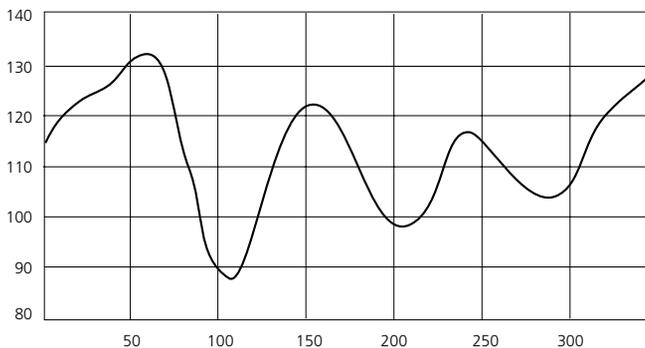


Gráfico 3: Dinâmica da produção de bens de capital – Brasil (jan. 1975/dez. 2003) (Dados mensais/Ipea)



No gráfico 4, mostra-se a evolução dos índices mensais da produção de bens de consumo durável no período, também filtrada pelo procedimento Hodrick-Prescott. Como seria de esperar, e novamente de forma análoga à série teórica produzida pelo mecanismo multiplicador/acelerador de Samuelson (apresentada no gráfico 5), o consumo flutua muito menos do que o investimento, tendendo a se estabilizar em um nível superior ao seu valor inicial (observe-se que, na série teórica, o gasto de uma unidade monetária no ano zero gera um fluxo crescente de consumo até o quarto ano e impactos positivos sobre o consumo total até o final da simulação).

Não se está obviamente afirmando que a dinâmica do investimento no Brasil possa ser satisfatoriamente explicada por um modelo simples como o de Samuelson, que aliás pode produzir dinâmicas diferentes da apresenta-

Gráfico 4: Dinâmica da produção de bens de consumo não-durável – Brasil (jan. 1975/dez. 2003) (Dados mensais/Ipea)

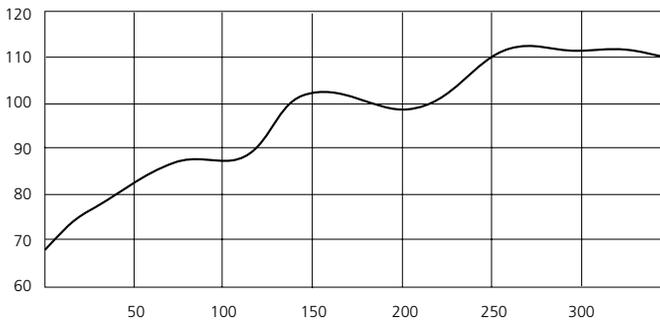
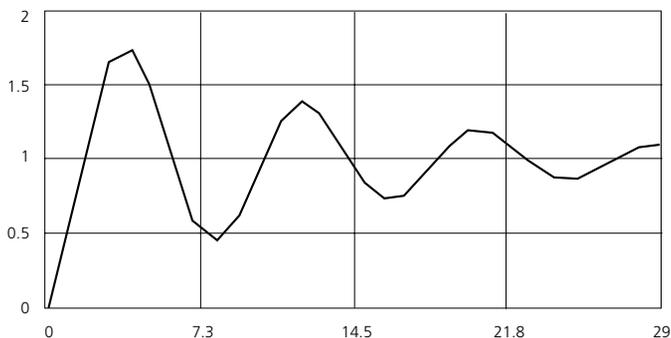


Gráfico 5: Dinâmica da série teórica do consumo no modelo multiplicador/acelerador



da, dependendo dos valores assumidos para os parâmetros. O que se desejou destacar com o exemplo acima é que uma retração abrupta do investimento público, como a que ocorreu no início da década de 1980 no Brasil, pode ter efeitos prejudiciais sobre a economia por vários períodos à frente, graças ao efeito do acelerador, independentemente da ocorrência de choques exógenos imprevistos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se mostrar neste trabalho que há razões para acreditar que a hipótese da evolução tecnológica por equilíbrios pontuados — complementada com o princípio de aceleração na produção de bens de capital — possa oferecer uma interpretação mais convincente do processo de modernização tecnológica do que a visão *mainstream* sintetizada basicamente na assim denominada nova teoria do crescimento. Isto não significa entretanto que se considere que a visão dominante não ofereça *insights* relevantes. Ao contrário, o argumento apoiou-se, em vários de seus aspectos mais importantes, no conceito de *spill overs* de conhecimento, que é central na nova teoria do crescimento.

O que parece insatisfatório nessa teoria é o seu caráter gradualista, que é inconsistente com o registro histórico dos períodos de intensa modernização tecnológica, como aqueles em que, por exemplo, aconteceram as revoluções industriais. Nesses períodos, as economias parecem “saltar” de um paradigma tecnológico para outro, tendo vários de seus setores mais importantes transformados simultaneamente na forma de processos do tipo *big push*. A nova teoria do crescimento, em suma, parece explicar bem aqueles longos períodos de inovação tecnológica incremental, denominados pela hipótese da evolução equilíbrios pontuados de *stasis*, mas não aqueles momentos decisivos do processo em que ocorrem explosões (*bursts*) de inovações tecnológicas. A hipótese da evolução tecnológica por equilíbrios pontuados, por basear-se em uma visão não-linear da dinâmica tecnológica, é capaz de reunir essas duas propriedades em um mesmo modelo interpretativo. Mas deixa inexplicado o próprio fator causal fundamental, isto é, por que e em que condições surgem as explosões de inovações.

Sugeriu-se que a incorporação do princípio da aceleração ao modelo interpretativo proposto pela hipótese da evolução tecnológica por equilíbrios

pontuados permite minimizar esses dois problemas, embora não os elimine completamente. Além disso, possibilita, como se procurou mostrar na última seção do trabalho, extrair implicações para a modernização de economias periféricas como a brasileira.

A principal delas é que, por precisar ocorrer por saltos, sob a forma de processos do tipo *big push*, a adaptação a novos paradigmas tecnológicos requer um nível de coordenação de atividades que o mercado sozinho não pode garantir. Como a evidência empírica reunida neste trabalho sugeriu, a ausência de uma coordenação mais efetiva, principalmente em termos de regulação da demanda agregada via investimento público, provavelmente ajuda a entender por que o ritmo de inovação, com raras exceções, foi tão lento no Brasil durante a década de 1980 e no início da década de 1990.

Seria leviano afirmar que essa situação pode ser revertida pela simples retomada do investimento público (mesmo que isso pudesse ser feito!), ou através de estratégias relativamente bem-sucedidas em outros momentos históricos, como as políticas implementadas no período de substituição de importações. O que se procurou mostrar foi que, em certa medida como em relação à própria nova teoria do crescimento, muitas das idéias subjacentes a essas estratégias continuam sendo relevantes para compreender e transformar a realidade das economias periféricas. Por outro lado, a adesão incondicional a uma visão econômica estritamente liberal, como a que tem prevalecido entre os formuladores atuais da política de desenvolvimento brasileira, parece ser um dos principais obstáculos a transpor para começar a desenhar estratégias mais frutíferas de superação da estagnação de nossas economias.

NOTAS

1. Os modelos canônicos de cada geração são os de Lewis (1954), Arrow (1962) e Romer (1990b), enfatizando, respectivamente, a acumulação de capital físico, a acumulação de capital humano, incluindo efeitos de aprendizagem, e os investimentos em pesquisa e inovação.
2. Esta conclusão permanece válida para anos mais recentes; Chenery (1983), por exemplo, estima a contribuição do resíduo para a taxa de crescimento nos países desenvolvidos em mais de 50%; para os países de renda média, entretanto, a contribuição estimada do resíduo é bem menor: cerca de 25%.
3. Ver, por exemplo, North (1989, 1994).
4. Ver, especialmente, Olson (2000).

5. Embora alguns autores importantes ainda postulem modelos com funções de produção do tipo solowiano, isto é, apresentando rendimentos decrescentes, embora menos severos. Ver, por exemplo, Mankiw, Romer e Weil (1992).
6. Resumido em Crafts (1995).
7. A exposição da hipótese da evolução por equilíbrios pontuados está baseada em Mokyr (1991).
8. Idem, p. 489.
9. O exemplo clássico de *big push* dado por Rosenstein-Rodan (1943) é o da fábrica de sapatos em um país subdesenvolvido que só terá mercado para seu produto, se for instalada isoladamente, se os trabalhadores que ela passa a empregar consumirem seus salários integralmente nos sapatos produzidos. Como essa hipótese é completamente irrealista, não haverá estímulo ao investimento em criação isolada de indústrias, em razão exatamente da insuficiência dos mercados internos. Mas, se ocorrer um *big push*, isto é, se várias indústrias forem criadas ao mesmo tempo, os trabalhadores de cada uma constituirão mercado para outras, viabilizando economicamente, ou seja, tornando lucrativos os investimentos nas máquinas e instalações requeridas pela industrialização.
10. Ver, por exemplo, Krugman (1996, cap. 1).
11. A esse respeito, ver Bueno (1996a, 1997).
12. A esse respeito, ver Bueno (1996b).
13. Suzigan (1992: 11). Observe-se, entretanto, que a estagnação da economia brasileira desde então resulta de uma combinação de fatores, incluindo restrições externas ao crescimento que, embora sejam importantes, foge aos objetivos deste trabalho examinar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROW, K. J. (1962) "The economic implications of learning by doing". *Review of Economic Studies*, v. 29.
- BUENO, N. P. (1996a) "Instabilidade dos modelos dinâmicos aplicados de Leontief e o processo de planejamento econômico brasileiro". *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 26 (3), dez.
- (1996b) "Um modelo de histerese institucional para a análise da política industrial brasileira". *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 26 (2), ago.
- (1997) "A armadilha da aceleração no processo de transição entre paradigmas tecnológicos: implicações prováveis para a economia brasileira no limiar do quinto Kontradief". (*Anais ANPEC*). XXV Encontro Nacional de Economia, Recife, dez.
- (1998) "A nova teoria econômica do crescimento e o problema do subdesenvolvimento econômico brasileiro". *Revista de Economia Política*, 18 (2), abr.-jun.
- CHENERY, H. B. (1983) "Interaction between theory and observation in development". *World Development*, v. 11.
- CRAFTS, N. (1995) "Exogenous or endogenous growth? The industrial revolution considered". *The Journal of Economic History*, v. 55 (4), Dec.

- DOSI, G. (1984) *Technical Change and Industrial Transformation: the theory and an application to the semiconductor industry*. Londres: MacMillan Press.
- (1988) “Institutions and markets in a dynamic world”. *The Manchester School*, v. 51, n. 2, June, p. 119-146.
- ERBER, F. (1993) *The Political Economy of Technological Development: the case of the Brazilian informatics policy*. Nova York: United Nations University Intitute for New Technologies (mimeo).
- FREEMAN, C., PEREZ, C. (1988) “Structural crises of adjustment: business cycles”. In: G. Dosi *et al.*, *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers.
- GROSSMAN, G., HELPMAN, E. (1991) *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- HODRICK, R. J., PRESCOTT, E. C. (1997) “Postwar U. S. Business Cycles: an empirical investigation”. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 29, p. 1-16.
- KRUGMAN, P. (1996) *Development, Geography, and Economic Theory*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- LANDES, D. (1986) *The Unbound Prometheus: tecnological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. Cambridge, Londres: Cambridge University Press.
- LEWIS, A. (1954) “Economic development with unlimited supplies of labour”. *The Manchester School*, v. 22.
- MANKIW, G., ROMER, D., WEIL, D. (1992) “A contribution to the empirics of economic growth”. *Quartely Journal of Economics*, 107 (2).
- MOKYR, J. (1990) *The Lever of Riches*. Nova York: Oxford University Press.
- (1991) “Evolutionary biology, technological change and economic history”. *Bulletin of Economic Research*, 43, p. 2.
- MURPHY, R., SHLEIFER, A., VISHNY, R. (1989) “Industrialization and the big push”. *Journal of Political Economy*, 97.
- NORTH, D. (1989) “Institutions and economic growth: an historical introduction”. *World Development*, v. 17 (9).
- (1994) “Economic performance through time”. *The American Economic Review*, v. 84 (3), June.
- OLSON, M. (2000) *Power and Prosperity*. Nova York: Basic Books.
- PEREZ, C., SOETE, L. (1998) “Catching up in technology: entry barriers and windows of oportunity”. In: G. Dosi *et al.*, *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers.
- ROMER, P. (1990a) “Are nonconvexities important for understanding growth?”. *American Economic Review*, v. 80 (2), May.
- (1990b) “Endogenous technological change”. *Journal of Political Economy*, v. 98 (5).

- (1994) “The origins of endogenous growth”. *Journal of Economic Perspectives*, v. 8 (1), Winter.
- (1996) “Why, indeed, in America? Theory, history, and the origins of modern economic growth”. *American Economic Review*, v. 86 (2), May.
- ROSEMBERG, N. (1976) “Technological change in the Machine Tool Industry, 1840-1910”. In: *Perspectives on Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ROSENSTEIN-RODAN, P. N. (1943) “Problems of industrialization of Eastern and South-eastern Europe”. *Economic Journal*, 53, June-Sept.
- SOLOW, R. (1956) “A contribution to the theory of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70.
- (1957) “Technical change and the aggregate production function”. *Review of Economic and Statistics*, v. 39.
- SUZIGAN, W. (1992) *A indústria brasileira após uma década de estagnação*. Campinas: Unicamp/IE. Texto para discussão.