

2144

TEXTO PARA DISCUSSÃO

**MODELAGEM EVOLUCIONÁRIA DA
DINÂMICA INDUSTRIAL (PARTE 1):
CONCORRÊNCIA, REGIMES
TECNOLÓGICOS E DIFUSÃO
DE CONHECIMENTO**

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho



MODELAGEM EVOLUCIONÁRIA DA DINÂMICA INDUSTRIAL (PARTE 1): CONCORRÊNCIA, REGIMES TECNOLÓGICOS E DIFUSÃO DE CONHECIMENTO

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho¹

1. Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanos e Ambientais (Dirur) do Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Ministro Nelson Barbosa

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Jessé José Freire de Souza

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Alexandre dos Santos Cunha

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

Roberto Dutra Torres Junior

**Diretor de Estudos e Políticas
Macroeconômicas**

Cláudio Hamilton Matos dos Santos

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

Marco Aurélio Costa

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

André Bojikian Calixtre

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas
e Políticas Internacionais**

Brand Arenari

Chefe de Gabinete

José Eduardo Elias Romão

**Assessor-chefe de Imprensa
e Comunicação**

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2015

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: B52; O3; O33.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 7

2 COMPETIÇÃO DINÂMICA E PROGRESSO TÉCNICO 8

3 ENTRADA E SAÍDA DE FIRMAS E REGIMES TECNOLÓGICOS ALTERNATIVOS..... 12

4 INOVAÇÃO, DIVERSIDADE E DIFUSÃO TECNOLÓGICA..... 16

5 CONCLUSÃO 23

REFERÊNCIAS 24

APÊNDICE 26

SINOPSE

As mudanças tecnológicas, quando analisadas de forma exógena, seriam representadas por deslocamentos para cima da curva ou fronteira de produção. A abordagem evolucionária do crescimento econômico surge como alternativa de estudo da mudança tecnológica endógena e dinâmica, tendo a acumulação de capital papel estratégico ao longo do tempo. O presente estudo se propõe a fazer uma revisão da literatura, analisando a modelagem evolucionária da dinâmica industrial. Cabe ressaltar que o trabalho está dividido em duas partes. A primeira, abordada neste *Texto para Discussão* (TD), procura focar os principais modelos que tratam da competição schumpeteriana, dos regimes tecnológicos e da difusão dos novos conhecimentos. A segunda, que será tratada em outro TD, busca o estudo dos modelos que tratam das trajetórias tecnológicas, da capacidade de absorção e do aprendizado. Tais conceitos são essenciais para o entendimento da inovação tecnológica na economia e na corrente neoschumpeteriana.

Palavras-chave: economia evolucionária; mudança tecnológica; inovação.

ABSTRACT

Technological changes, when taken exogenously, would be represented by upward shifts in the production curve. The evolutionary approach of economic growth is an alternative to study technological change as endogenous and dynamic process, in which the accumulation of capital takes strategic role over time. This study aims to review the literature, analyzing evolutionary modeling of industrial dynamics. This work is divided into two parts. The first, addressed in this study, focus on the main models that treat the Schumpeterian competition, technological regimes and diffusion of new knowledge. The second, which will be analyzed in another paper, intend to explain technological trajectories, absorptive capacity and learning processes. These concepts are essential to understand the innovation in the economy and in the neo-schumpeterian thinking.

Keywords: evolutionary economics; technological change; innovation.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças tecnológicas, quando analisadas de forma exógena, representariam deslocamentos para cima da curva ou fronteira de produção. Assim, quanto menor fosse a elasticidade de substituição entre os fatores produtivos, menor seria o crescimento da produtividade relacionado à intensidade de capital e mais importância relativa se daria à tecnologia.

Os desenvolvimentos tecnológicos se mostrariam de forma residual, já que os ganhos produtivos seriam determinados pelo uso intensivo de fatores ou pelo deslocamento da curva de produção. De acordo com Solow (1956; 1957), seriam necessárias explicações sobre como a poupança, o crescimento demográfico e o progresso tecnológico poderiam afetar o aumento do produto. Concluiu-se que a importância relativa da mudança tecnológica no crescimento do produto era superior a 87%.

As teorias de crescimento mantiveram essa preocupação no centro do debate. Para determinar melhor os deslocamentos da fronteira de produção, buscou-se a inclusão de mais termos explicativos, os quais tratavam do enfoque da produtividade total dos fatores. A mudança tecnológica, ainda um resíduo, é função dos investimentos desejados no passado, os quais possuem a capacidade de deslocar a fronteira produtiva. Ao longo das diferentes formulações teóricas sobre o crescimento econômico – como nas teorias de crescimento endógeno de inspiração neoclássica –,¹ a mudança tecnológica permaneceu compatível com a combinação ótima e eficiente de fatores.

A abordagem evolucionária² do crescimento econômico surge como alternativa de estudo da mudança tecnológica – até então estática e exógena. Os modelos evolucionários se estruturam em fenômenos dinâmicos,³ nos quais a acumulação de capital adota importância não residual ao longo do tempo. Tal alternativa teórica buscou reiterar a importância do progresso técnico como fonte principal do crescimento econômico, bem como propor novas explicações aos fenômenos relacionados à mudança tecnológica.

1. Para uma resenha dessas teorias, conferir Aghion e Howitt (1999).

2. Para um apanhado histórico, ver Nelson e Winter (1982), Foray (1989), Langlois e Everett (1994), Maiwald (1998) e Dopfer (2005). Vale lembrar que a corrente evolucionária tem sua origem no estudo de Nelson e Winter (1982), inspirando uma sequência de outros trabalhos, como Winter (1984), Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) e Chiaromonte e Dosi (1992). Esta corrente retomou o debate das inovações tecnológicas e incorporou, ao mesmo tempo, o paradigma evolucionário, revisitando conceitos essenciais de Joseph Alois Schumpeter (Schumpeter, 1928; 1944; 1946; 1947; 1964).

3. Segundo Lane (1993a e 1993b), a realidade dinâmica especifica leis de transição de um período para o outro, sendo que tais leis não são função do estado futuro da natureza.

O crescimento econômico relaciona-se com a natureza das tendências e evoluções das trajetórias tecnológicas, com o comportamento estratégico interno das firmas e com a seleção dos processos, através dos mercados ou das instituições, que envolvem parcerias e estratégias competitivas advindas das oportunidades tecnológicas. Sob esta análise, a compreensão do que afeta ou altera a mudança tecnológica é de suma importância para o entendimento do desenvolvimento e do crescimento econômico.

O trabalho está dividido em cinco seções, incluindo esta breve introdução. Por meio de uma revisão bibliográfica, as seções subsequentes procuram estudar a dinâmica industrial, analisando a competição (Nelson e Winter, 1982), os regimes tecnológicos (Winter, 1984) e a difusão (Silverberg, Dosi e Orsenigo, 1988). A escolha desses modelos se justifica em razão de sua significância teórica e de seu dimensionamento para a compreensão da dinâmica industrial. Por fim, seguem-se as considerações finais.

2 COMPETIÇÃO DINÂMICA E PROGRESSO TÉCNICO⁴

O modelo seminal de Nelson e Winter (1982) apresentado nesta seção será dividido em três blocos de equações: *i*) a produção e a determinação dos lucros; *ii*) o crescimento da produtividade e sua interação com a pesquisa e o desenvolvimento; e, por fim, *iii*) a dinâmica do investimento e o crescimento do estoque de capital.

Antes mesmo de iniciar a explicação dos três blocos, é preciso descrever de que forma se dá o comportamento das firmas. No início de cada período, a firma *i* é caracterizada por uma produtividade $A_i(\theta)$, a qual está associada a um estado da tecnologia $\theta \in \Theta$, e por um estoque de capital K_i . O capital é o único fator produtivo, e a produção é caracterizada por um coeficiente fixo de insumos com retornos constantes à escala. O custo por unidade de capital c é constante ao longo de diferentes técnicas produtivas. A depreciação do capital é dada por uma taxa constante δ a cada período.

A técnica produtiva é não incorporada. Não há custo de transação, e o capital pode ser convertido sem ônus de uma tecnologia a outra.⁵ Esta é uma visão da tecnologia

4. A exposição do modelo aqui apresentado segue a formulação matemática de Jonard e Yildizoglu (1998), por ser mais didática e explicativa do conjunto de todas as variáveis. Para um debate acerca das limitações da modelagem, ver Oltra (1997) e Almeida (2004).

5. Em Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), tem-se um modelo que melhor expressa a realidade, com diferentes safras de capital. Este modelo será apresentado na seção 3.

baseada num processo de inovação. Na verdade, as firmas não substituem o seu estoque de capital, mas o utilizam de maneira mais eficiente. A inovação corresponde, portanto, a um melhor conhecimento do processo de produção.

No que se refere ao primeiro bloco de equações, cada firma de uma indústria ($i \in I = \{1 \dots N\}$) produz um bem homogêneo através da equação que define a produção, sendo K_i o estoque de capital e Q_i a quantidade produzida:

$$Q_i = A_i(\theta)K_i \quad (1)$$

O lucro por unidade de capital $\left(\frac{\Pi_i}{K_i} = \frac{RT_i - CT_i}{K_i}\right)$ da firma é dado por:

$$\pi_i = p.A_i(\theta) - \frac{1}{K_i}(C + G_i^{im} + G_i^{in}). \therefore \pi_i = p.A_i(\theta) - c - r_i^{im} - r_i^{in}, \quad (2)$$

em que π_i é o lucro por unidade de capital, e a receita total é igual ao preço de mercado vezes a quantidade produzida pela firma ($RT_i = p.Q_i$); o custo total é o somatório do custo produtivo com os gastos em pesquisa de imitação e de inovação ($CT_i = C + G_i^{im} + G_i^{in}$); c é o custo fixo por unidade de capital; r_i^{im} e r_i^{in} são os gastos por unidade de capital da pesquisa e desenvolvimento da imitação e da inovação respectivamente; e p é o preço de mercado, o qual é determinado por um equilíbrio de curto prazo baseado na produção de mercado:

$$\begin{cases} Q = \sum_{i=1}^N Q_i \\ p = p(Q) = \frac{RT}{Q^{1/\eta}} \end{cases} \quad (3)$$

em que Q é a quantidade total ofertada no mercado; $p(Q)$ é uma função de demanda com elasticidade unitária; RT é a receita total (constante neste caso); e η é a elasticidade de demanda.⁶ O estado de cada firma mudará de um período para outro em função das decisões de pesquisa e desenvolvimento, as quais modificam a tecnologia e em seguida a produtividade, e dos investimentos, que alteram o estoque de capital.

6. A elasticidade da demanda é unitária, o que deixa a receita total de mercado (RT) constante. Embora seja uma limitação do modelo, este recurso é utilizado no intuito de mostrar o efeito de queda do preço com a introdução tecnológica e o conseqüente aumento produtivo. Para uma formalização matemática da curva de demanda com elasticidade unitária, ver o apêndice.

Quanto ao segundo bloco, será mostrado de que maneira a pesquisa e desenvolvimento (P&D) define a dinâmica da produtividade. Os investimentos em P&D (imitação e inovação) podem acarretar aumentos de produtividade de um período para o outro. Quando uma imitação for bem-sucedida, a firma obterá a mais eficiente tecnologia identificada pela mais alta produtividade do mercado.⁷ Para cada firma, a probabilidade de sucesso imitativo é o $\min\{a^{im} \cdot r^{im} \cdot K, 1\}$, em que a^{im} é um parâmetro que transforma o investimento de pesquisa e desenvolvimento imitativo num valor probabilístico. A produtividade resultante de um sucesso imitativo é dada por \hat{A}_i , tal que $\hat{A}^t = \max_i(A_i^t)$.

Já a probabilidade de sucesso inovativo é determinada pelo $\min\{a^{in} \cdot r^{in} \cdot K, 1\}$, sendo a^{in} o parâmetro que define uma escala probabilística do investimento inovativo. O resultado de um sucesso inovativo é o estado da tecnologia com uma nova produtividade intrínseca, $\tilde{A}(\theta)$, sendo que $\text{Log}[\tilde{A}_i(\theta)]$ tem uma distribuição normal, $N[\lambda^t, \sigma]$, com média centrada na produtividade atual da firma e com desvio-padrão igual a σ , comum para todas as firmas na indústria.⁸ O efeito do aprendizado é representado por $\lambda^t = A^0(\theta) + b \cdot t$, crescendo a uma taxa constante b ao longo do tempo.

Vale lembrar que, ao inovar, a firma também imita. Porém, o contrário não é verdadeiro, uma firma que apenas imita não possui a capacidade de alcançar uma probabilidade advinda de um sucesso inovativo. Para uma firma que obtém sucesso imitativo e inovativo conjuntamente em um particular período, o nível de produtividade do período seguinte é dado por:

$$A_i^{t+1} = \max(A_i^t, \hat{A}^t, \tilde{A}^t). \quad (4)$$

Ao fechar as equações do modelo, o terceiro bloco de equações tem por finalidade apontar a dinâmica do investimento e as decisões de aumentar ou não o estoque de capital. As firmas ajustam o estoque de capital conforme o que se espera da produção de suas concorrentes (conjecturas de Cournot). O investimento desejado da firma resulta de uma comparação entre a margem atual de lucro e a margem esperada

7. Jonard e Yıldızoglu (1998) elaboraram um modelo com aprendizado localizado e externalidade de rede. Ao ocorrer um sucesso de imitação, a firma alcança a maior produtividade entre os seus vizinhos. Neste sentido, o processo de aprendizado da firma é localizado. Esta maior produtividade pode vir de duas fontes: da tecnologia superior ou das externalidades de rede.

8. Essa distribuição é função do tempo e independente da tecnologia prevalecente na firma, no caso de ciência básica. Ao contrário, quando o conhecimento tecnológico for cumulativo, tal distribuição será independente do tempo, mas dependente da acumulação tecnológica.

diante do respectivo poder de mercado. A regra de *mark-up* relativa ao duopólio de Cournot pode ser formulada como uma comparação entre o preço de mercado p e o preço esperado da firma p_i^e :

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0 \Leftrightarrow \frac{p - cmg}{p} = \frac{p - \left(\frac{c}{A_i}\right)}{p} = \frac{s_i}{\eta} \Leftrightarrow p \left(1 - \frac{s_i}{\eta}\right) = \frac{c}{A_i} \Leftrightarrow p_i^e = \frac{c}{A_i} \cdot \frac{\eta}{(\eta - s_i)}. \quad (5)$$

O preço esperado aumenta, por um lado, com o crescimento da parcela de mercado da firma (s_i) e com um maior custo por unidade de capital (c). Por outro, há um decrescimento do preço esperado com o aumento da elasticidade da demanda (η) e com o crescimento da produtividade da firma (A_i). Se o preço esperado for menor do que o preço de mercado, o lucro marginal será positivo e, assim, a firma terá interesse em aumentar a produção e o seu estoque de capital. Neste caso, o investimento será maior do que a depreciação do capital, sendo dado pela equação (6):

$$I_D = 1 + \delta - \left(\frac{p_i^e}{p}\right), \quad (6)$$

em que I_D é o investimento desejado e δ é a taxa de depreciação do capital. A firma pode financiar seu investimento via lucro (quando positivo) ou empréstimo bancário. Assim, a taxa de investimento financeiro (I_F) possível é dada por:

$$I_F = \begin{cases} \delta + (1 + d)\pi_i & \text{se } \pi_i > 0 \\ \delta + \pi_i & \text{se } \pi_i \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

sendo d um coeficiente bancário que indica o grau de financiamento da firma como restrito ou amplo – ou o máximo de unidades de crédito de que a firma pode dispor. Por fim, o estoque de capital da firma é, portanto, dado por:

$$K_i^{t+1} = \{1 - \delta + \max[0, \min(I_D, I_F)]\} K_i^t. \quad (8)$$

A conjuntura estabelecida por Cournot corresponde à exigência de forte racionalidade da firma, ou seja, à existência de algum equilíbrio de Nash. Cada firma conhece a elasticidade da demanda e a sua parcela de mercado, o que a leva a um cálculo ótimo, que é determinado, de forma implícita, pelo preço esperado. Para que o preço esperado corresponda a um nível ótimo de produto e estoque de capital, o investimento desejado deve ser apenas um caminho possível de ajuste do capital efetivo para o estoque de capital ótimo.

3 ENTRADA E SAÍDA DE FIRMAS E REGIMES TECNOLÓGICOS ALTERNATIVOS⁹

Os trabalhos de Schumpeter (1944; 1946) estabelecem uma divisão do processo de mudança tecnológica em dois regimes (empreendedor e rotineiro), tendo em vista as diferenças setoriais na economia. O conceito de regimes tecnológicos, introduzido por Nelson e Winter (1982) e Winter (1984), analisa de forma diferenciada a dinâmica industrial ante as características do ambiente tecnológico. Os regimes se diferenciam em termos das oportunidades tecnológicas, do grau de apropriação das inovações e diante da natureza e transmissão do conhecimento.¹⁰

O modelo de Winter (1984), uma extensão do trabalho de Nelson e Winter (1982), procura analisar a dinâmica industrial de cada regime tecnológico, enfocando a importância relativa da entrada de novas firmas junto às firmas estabelecidas no processo de inovação. Ademais, tem-se a introdução de um tipo de aprendizado comportamental que ajusta as estratégias de busca tecnológica das firmas, o que altera, com o passar do tempo, as decisões de investimento.

A estrutura do modelo ora apresentado é idêntica à formulação de Nelson e Winter (1982). A indústria é o aglomerado de firmas que produzem um bem homogêneo. A produção individual é determinada pelo estoque de capital e pela produtividade associada a um estado tecnológico. A produção industrial define o preço de mercado, o qual determina os lucros das firmas. A parcela de mercado evolui de forma endógena em função do investimento e da produtividade da firma. A evolução da produtividade do capital depende dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento. A regra de investimento em capital não se altera; porém, a taxa de investimento, rígida anteriormente, ganha uma dinâmica adaptativa, com ajustes nas decisões de gasto em pesquisa e desenvolvimento, adaptando a sua decisão com base no seu desempenho e nas suas experiências passadas. Os processos decisórios são cumulativos e dependentes de caminho (*path dependent*).

A cada período, a firma compara o seu nível de desempenho (X_i^t), dado por uma média ponderada da taxa de lucro passada e corrente, com o lucro médio da indústria ($\bar{\pi}^t$), ou seja, o nível de aspiração. Se a variável de desempenho estiver abaixo do nível de aspiração considerado como satisfatório, a firma ajustará as decisões de

9. Para uma apresentação crítica do modelo de Winter (1984), confira Oltra (1997) e Almeida (2004).

10. Em Malerba e Orsenigo (1996) e Breschi, Malerba e Orsenigo (2000), encontra-se uma análise empírica dos regimes tecnológicos.

gastos (imitação e inovação) em pesquisa e desenvolvimento por unidade de capital na direção da taxa média de investimento da indústria (\bar{r}^{im} e \bar{r}^{in}). Caso contrário, se a variável de desempenho estiver acima, a firma adotará a mesma estratégia utilizada no período anterior. Para tanto, seguem as equações (9), (10a) e (10b):

$$X_i^t = \alpha \cdot X_i^{t-1} + (1 - \alpha) \cdot \pi_i^t, \text{ com } 0 < \alpha < 1 \quad (9)$$

$$\begin{cases} r_i^{im(t+1)} = r_i^{im}; & \text{se } X_i^t \geq \pi^t \\ r_i^{im(t+1)} = (1 - \beta) \cdot r_i^{im(t)} + \beta \cdot r^{im(t)} + u^{im(t)}; & \text{se } X_i^t < \pi^t \end{cases} \quad (10a)$$

$$\begin{cases} r_i^{in(t+1)} = r_i^{in}; & \text{se } X_i^t \geq \pi^t \\ r_i^{in(t+1)} = (1 - \beta) \cdot r_i^{in(t)} + \beta \cdot r^{in(t)} + u^{in(t)}; & \text{se } X_i^t < \pi^t, \end{cases} \quad (10b)$$

em que α é um parâmetro de memória do desempenho, sendo que o peso dos lucros passados cresce com este valor; β é um parâmetro que indica o quanto a regra média será copiada, tal que $0 < \beta < 1$; e (u^{im} e u^{in}) são duas variáveis aleatórias retiradas de uma distribuição normal com média zero e desvio-padrão igual a σ^{im} e σ^{in} . Assim, as firmas ajustam suas estratégias de investimento em função dos seus respectivos desempenhos.

A estrutura de mercado é alterada por meio das entradas e saídas das firmas. No que se refere à saída, é estabelecido um mínimo do estoque de capital e de desempenho empresarial. Caso haja uma situação econômica em que o estoque de capital ou o desempenho esteja abaixo do mínimo requerido ($K_i^t < K^{\min}$ ou $X_i^t < X^{\min}$), a firma é obrigada a se retirar do mercado.

Quanto ao processo de entrada, uma nova firma será introduzida no mercado após definidas três etapas. A primeira etapa definirá, a cada período, o número de potenciais entrantes imitadores e inovadores. A quantidade de potenciais entrantes é retirada de uma distribuição de Poisson (M^t para imitadores e N^t para inovadores), em que a esperança deste valor é proporcional aos gastos em pesquisa imitativa e inovativa realizada fora da indústria em questão (E^{im} e E^{in}). O número de potenciais entrantes, que depende da facilidade de imitação e inovação (a^m e a^n), bem como do nível de pesquisa externa, é definido pelas equações (11a) e (11b):

$$M^t = a^m \cdot E^m \quad (11a)$$

$$N^t = a^n \cdot E^n, \quad (11b)$$

em que E^m corresponde às atividades de pesquisa externa, que permitem aos potenciais entrantes imitar os métodos de produção das firmas instaladas; e E^n , a uma medida das atividades de pesquisa externa (o conhecimento gerado, por exemplo, em universidades e instituições públicas de pesquisa), capaz de intensificar o uso imediato de novos conhecimentos.

A segunda etapa do processo de entrada, a qual segue o mesmo processo entre as firmas estabelecidas, diz respeito à especificação do nível de produtividade dos potenciais entrantes (A^e).

Por fim, a terceira etapa determinará a condição de entrada, sendo esta uma comparação entre a receita por unidade de capital do potencial entrante ($p.A^e - c$) e uma taxa de barreira à entrada que pode sofrer uma variação residual aleatória retirada de uma distribuição normal ($r^e + u_i^{e(t)}$). A condição de entrada é dada por:

$$p.A^e - c > r^e + u_i^{e(t)}. \quad (12)$$

Tal condição significa, portanto, que a entrada de uma potencial firma na indústria se efetiva no momento em que a taxa de lucro por unidade de capital, associada à especificação da produtividade de entrada, for superior à taxa de barreira à entrada. O estoque de capital da firma entrante será estabelecido por uma tiragem aleatória de uma distribuição normal.

Além da constituição do processo de entrada, são definidos dois regimes tecnológicos (RI relacionado ao caso de ciência básica e RII, à tecnologia cumulativa), os quais se distinguem em função dos parâmetros de entrada e de distribuição das tiragens inovativas. O primeiro regime possui, quando comparado ao segundo, um nível mais elevado de pesquisa externa de inovação (E^n) e, em contrapartida, um valor mais fraco do parâmetro de facilidade inovativa (a^n). No segundo, embora haja um nível menor de pesquisa externa inovativa, a probabilidade de inovar é mais elevada do que no caso de ciência básica.

Os dois regimes se diferenciam em termos do nível de tiragens inovativas. Em RI, as inovações são retiradas de uma distribuição *log normal* com média igual à produtividade latente (λ'), que evolui de forma exógena. Os resultados do processo de inovação deste regime, equivalente ao caso de ciência básica do modelo Nelson e Winter (1982), são independentes do nível de produtividade corrente das firmas.

No que tange ao RII, o processo de inovação, contrariamente, é cumulativo ao longo do tempo, já que a média da distribuição *log normal* da produtividade inovativa é uma média aritmética da soma entre a produtividade latente e a produtividade corrente da firma [$\phi.\lambda' + (1 - \phi) A'_i$; sendo $\phi = 1/2$]. Assim, os ganhos produtivos relacionados à inovação tecnológica são dependentes do nível de produtividade corrente da firma. No que se refere à variabilidade da distribuição das tiragens inovativas, o desvio-padrão é maior no RI, o que identifica um nível mais amplo de oportunidades tecnológicas. Conforme a tabela 1, tem-se a exposição, de forma resumida, das principais diferenças entre os dois regimes tecnológicos.

TABELA 1
Resumo das diferenças entre os regimes tecnológicos RI e RII

Variáveis e parâmetros analisados	Regimes tecnológicos	
	RI (ciência básica)	RII (cumulativo)
Nível de pesquisa externa (E^n)	Maior	Menor
Facilidade a inovar (α^n)	Fraco	Forte
Média da distribuição log normal de inovação	$\log(\lambda')$	$\frac{\log.\lambda' + \log.A'_i}{2}$
Desvio-padrão das tiragens inovativas (σ)	Amplo	Estreito

Fonte: Vieira Filho (2009).

Ao se rodar o modelo, as simulações colocam em evidência a distinção entre cada regime tecnológico. O primeiro regime se mostra menos concentrado do que o de tecnologia cumulativa. No RII, as firmas estabelecidas tendem a dominar progressivamente o mercado, já que o nível de investimento em pesquisa e desenvolvimento é mais elevado, transformando o mercado em um oligopólio. Em RI, o mercado é mais competitivo, com um menor período de operação das firmas, o que leva a uma maior taxa de entrada e saída.

Embora as inovações sejam dadas de forma incremental em RII, a produtividade (máxima e média do capital) é mais elevada quando comparada à do RI. No primeiro regime, de um lado, o processo de inovação é conduzido basicamente pelas firmas entrantes, uma vez que não há o caráter cumulativo do conhecimento tecnológico. De outro, no segundo, as inovações são provenientes das firmas já instaladas, que se beneficiam por serem as primeiras a produzir no mercado (*first movers advantages*).

4 INOVAÇÃO, DIVERSIDADE E DIFUSÃO TECNOLÓGICA¹¹

A difusão de novos produtos e processos é dada ao longo do tempo, em que alguns agentes adotam uma tecnologia mais cedo do que outros. Por que uma nova tecnologia não é adotada instantaneamente pelos potenciais usuários? Como se representa a dinâmica dos caminhos da difusão tecnológica? Quais são as variáveis relevantes desse processo? Tais questionamentos são apontados na análise do estudo de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), o qual propõe a elaboração de um modelo de difusão tecnológica com transição de trajetórias tecnológicas. A diversidade das capacitações das firmas e de suas expectativas é elemento essencial na condução do processo de difusão tecnológica.

Numa tentativa de superar as limitações do modelo Nelson e Winter (1982), há quatro aspectos das especificações da modelagem de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) que influenciaram as análises posteriores dos estudos evolucionários: *i*) o processo de formação de preços, baseado no princípio do custo total; *ii*) o uso de um mecanismo de seleção que compara o desempenho da firma com o conjunto da indústria, alterando a parcela de mercado entre os agentes ao longo do tempo; *iii*) a estrutura de safras na composição do estoque de capital, o que permite diferenciar a produtividade associada ao capital antigo e aos novos equipamentos adquiridos – sejam para expansão da capacidade produtiva ou mesmo para reposição das máquinas obsoletas; e, por fim, *iv*) a introdução de mecanismos de aprendizado, os quais influenciam a eficiência produtiva da firma e as decisões empresariais de mudança técnica.

Para compreender melhor esses aspectos, é necessário analisar a estrutura do modelo. Inicialmente, a demanda cresce a uma taxa exponencial distribuída pela parcela de mercado (ou *market share*) de cada uma das firmas. A parcela de mercado depende da comparação da competitividade da firma em relação ao mercado (média competitiva da indústria). Ao denotar a parcela de mercado da firma *i* por f_i e a sua competitividade por E_i , se a competitividade da firma for menor do que a média do mercado (E), então a parcela futura de mercado da firma *i* tenderá a se reduzir. O contrário também é verdadeiro. Se $E_i > E$, a parcela de mercado da firma crescerá. Assim, a evolução da parcela relativa de mercado é dada por uma equação do tipo replicador (*replicator dynamic*):¹²

11. O processo de difusão tecnológica do modelo elaborado por Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) é mais sofisticado e dinâmico do que a curva logística da adoção de milho híbrido desenvolvida por Griliches (1957), a qual tentou identificar regularidades empíricas da trajetória da difusão. Vale ressaltar que Almeida (2004) faz uma avaliação crítica do modelo aqui apresentado em termos da apropriação e transmissão do conhecimento.

12. Para uma discussão da equação do tipo replicador (princípio de Fischer) e do processo de competição, ver Metcalfe (2002).

$$\frac{\partial f_i}{\partial t} = A_9 (E_i - E) f_i; \text{ onde } E = \sum_{i=1}^n f_i \cdot E_i. \quad (13)$$

O parâmetro de competitividade é definido como uma combinação linear dos termos que refletem o preço relativo e o diferencial do atraso de entrega:

$$E_i = -\ln p_i - A_{10} \cdot dd_i, \quad (14)$$

em que P_i é o preço de mercado da última firma e dd_i o seu atraso corrente de entrega. Uma firma será mais competitiva do que a outra se for capaz de reduzir mais o seu preço relativo (em relação às demais concorrentes) e, simultaneamente, diminuir os atrasos de entrega.

A natureza do processo de mudança tecnológica inclui mecanismos de aprendizado, os quais influenciam a firma no uso eficiente de uma dada tecnologia. O estoque de capital da firma i – mensurado em unidades de capacidade produtiva, a qual pode ser obtida com diferentes safras de máquinas e equipamentos – é acumulado no tempo entre o período corrente t e a data de sucateamento $T_i(t)$:

$$K_i(t) = \int_t^{T_i} K_i(t, t') dt' = \begin{cases} K_i(t, t') = K_i(t', t'); & \text{se } T_i(t) < t' < t \\ 0; & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad (15)$$

em que $K_i(t, t)$ é o investimento bruto no tempo t (em capacidade unitária). O estoque agregado de capital deve ser uma composição de diferentes tecnologias (ou safras tecnológicas) de uma mesma trajetória. O progresso técnico é do tipo incorporado,¹³ introduzido por meio de aquisição de máquinas e equipamentos. O cálculo do período de recuperação do investimento (*payback period*) é determinado entre o preço do novo equipamento e o custo produtivo, o qual leva em consideração o custo desejado de sucateamento e o custo presente (em termos unitários de operação):

$$\frac{P(t)}{[c(T_{di}) - c(t)]} = b_i, \quad (16)$$

13. Porém a incorporação do progresso técnico, ao contrário do modelo de Nelson e Winter (1982), é dada apenas nos novos equipamentos adquiridos, e não integralmente na totalidade do estoque de capital da firma.

em que $P(t)$ é o preço do novo equipamento por unidade de capacidade; $c(\dots)$ é o custo unitário de operação de uma safra em questão; T_{di} é a data desejada de sucateamento do estoque de capital (diversa para cada firma); e b_i , o período de recuperação do investimento. Quanto maior for o ritmo inovativo da indústria, maior será a pressão sobre as decisões da firma em inutilizar parte do seu capital, antes mesmo que sua vida útil tenha sido atingida.

A data atual de sucata é ajustada pela data desejada:

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = z_i \max[A_{11}(T_{di} - T_i), 0], \quad (17)$$

em que z_i é um parâmetro entre 0 e 1 que expressa a taxa de capital de giro necessário ao financiamento do investimento desejado e que deve crescer conforme menor a restrição financeira enfrentada pela firma. A quantidade de equipamento sucateado (S_i) é um resultado da especificação da data atual de sucata:

$$S_i = K_i(t, T_i) \dot{T}_i. \quad (18)$$

A expansão líquida ou contração da capacidade produtiva é dada por uma taxa (r_i):

$$N_i = r_i \cdot K_i. \quad (19)$$

O estoque de capital varia ao longo do tempo devido ao investimento bruto e à reposição da sucata:

$$\frac{\partial K_i}{\partial t} = N_i = K_i(t, t) - S_i. \quad (20)$$

A taxa desejada de expansão da capacidade deve ser, no período inicial, estabelecida a qualquer nível (em função do grau de *animal spirits* dos agentes); porém, revisada com o aumento ou redução da capacidade ociosa. Se a capacidade ociosa diminuir, esta taxa deverá expandir (e vice-versa). Assim, tem-se:

$$\frac{\partial r_i}{\partial t} = A_B (u_i - u_0), \quad (21)$$

em que u é a taxa de utilização da capacidade e u_0 é o nível desejado de utilização. O trabalho é assumido como o único custo corrente de produção, o qual pode ser decomposto entre o custo primário e as despesas gerais (os custos administrativos do trabalho, por exemplo). O coeficiente primário do custo por unidade de trabalho é uma média histórica do coeficiente de produtividade do trabalho $a(t)$ ponderado pela safra:

$$\langle a \rangle = \int_t^T a(t') \frac{K(t, t')}{K(t)} dt'. \quad (22)$$

Deve-se lembrar que este coeficiente se altera ao longo do tempo devido às flutuações da aquisição de equipamentos produtivos (novos investimentos e reposição do capital). Por diferenciação da equação (22), tem-se:

$$\frac{\partial \langle a \rangle}{\partial t} = \frac{\{K(t, t)[a(t) - \langle a \rangle] + S[\langle a \rangle - a(T)]\}}{K}. \quad (23)$$

Se o investimento líquido da expansão desejada for dado – por exemplo, $N > 0$ –, todo equipamento sucateado será repostado pelo investimento numa magnitude R , tal que $R = S$ e o investimento bruto no tempo t sejam iguais a $N + R$. Então:

$$\frac{\partial \langle a \rangle}{\partial t} = \frac{\{(N + R)[a(t) - \langle a \rangle] + R[\langle a \rangle - a(T)]\}}{K}. \quad (24)$$

Assim, o investimento de reposição contribui com menores custos por unidade investida do que com a expansão do investimento. Os custos unitários são determinados pela idade do capital de estoque e pela história da mudança técnica a qual representa. Tais custos variam ao longo do tempo em função do sucateamento das máquinas e das estratégias de expansão da firma, restritos pela condição financeira dos investimentos, pela função de custos produtivos e pela lucratividade.

Já as despesas gerais do trabalho por unidade de produção em plena capacidade de operação produtiva são assumidas como proporcionais à unidade de trabalho primário. Sendo assim, a despesa total do trabalho é este valor multiplicado pela capacidade total de produção K . Contrário ao trabalho total primário, as despesas gerais são independentes da capacidade de utilização produtiva.

O nível de produção é fixado de modo a compensar os desvios dos atrasos correntes de entrega (dd) de um padrão industrial (dd_0). O atraso de entrega dd é a razão entre os pedidos acumulados (L) e a produção corrente (y). Os pedidos acumulados são mudados ao longo do tempo pela taxa:

$$\frac{\partial L}{\partial t} = d - y, \quad (25)$$

em que d , que representa as novas encomendas, é igual à parcela de mercado da firma multiplicada pela demanda total de mercado.

O preço é definido numa comparação da capacidade da firma de estabelecer *mark up* acima do custo produtivo e da posição relativa da competitividade da firma no conjunto da indústria. Sendo P_i o logaritmo do preço de mercado da firma i e P_{ci} o preço desejado de *mark up*, a variação do preço no tempo é dada por:

$$\frac{\partial p_i}{\partial t} = A_7(p_{ci} - p_i) + A_8(E_i - \bar{E}). \quad (26)$$

A equação (26) transmite a ideia de poder de mercado, posto que a empresa almeja elevar o preço do produto sem que haja perda de parcela de mercado.

O modelo considera duas trajetórias tecnológicas: uma conhecida por uma dada tecnologia e outra a ser difundida. Cada uma das duas trajetórias tecnológicas indica a produtividade máxima potencial, que pode ser obtida pelos equipamentos de cada safra. Assume-se que a segunda tecnologia é potencialmente mais produtiva do que a primeira. Porém, o ganho potencial depende da capacidade gerencial específica (habilidade e experiência – *skill level*) da firma (s_i) na exploração da tecnologia. Por simplificação, todas as firmas iniciam a produção com a tecnologia I e, em seguida, no período futuro, a tecnologia II se torna disponível. No momento dessa disponibilidade, a eficiência na utilização da tecnologia I será máxima (ou saturada), com $s_i = 1$.

Ao optar por uma nova tecnologia, a produtividade efetiva da firma é apenas um percentual ($0 < s_i \leq 1$) da produtividade inata da nova máquina ou equipamento. Além disso, o uso de uma nova tecnologia depende de conhecimento e experiência e, nesse sentido, as decisões de investimento numa nova tecnologia baseiam-se em elementos expectationais envoltos num ambiente de incertezas (em termos de lucratividade e eficiência produtiva futura).

Na medida em que a firma aprofunda a exploração de uma dada tecnologia, caminha-se para um ponto de exaustão do potencial produtivo tecnológico. Ao crescer a produção acumulada da firma (CP_i) com uma dada tecnologia, tem-se o aumento da eficiência produtiva em termos da apropriação do potencial produtivo incorporado na tecnologia. Sendo P_i a produção corrente da firma com o uso da tecnologia em questão e C uma constante proporcional ao estoque de capital; a evolução no tempo da habilidade e experiência da firma no uso tecnológico é dada por:

$$\frac{\partial s_i}{\partial t} = A_{15} \left[\frac{P_i}{(CP_i + C)} \cdot s_i (1 - s_i) \right]; \text{ se } s_i > s_p; \quad (27)$$

sendo s_p o nível de conhecimento de domínio público (*public skills*) do uso tecnológico. A eficiência produtiva possui um movimento de queda bem conhecido pelas curvas de aprendizado ou experiência. Como a produção acumulada da firma tende a crescer acima do valor da produção corrente, a evolução da experiência ($\partial s_i / \partial t$) tem uma tendência de queda ao longo do tempo. O processo de aprendizado interno da firma gera externalidades positivas aos seus concorrentes. A difusão tecnológica permite o aumento do conhecimento público. Assim, os ganhos de eficiência, em termos de aprendizado ao longo do tempo, aumentam o conhecimento público, com alguma defasagem, na utilização da tecnologia em questão:

$$\frac{\partial s_p}{\partial t} = A_4 \left[\left(\sum f_i \cdot s_i \right) - s_p \right]. \quad (28)$$

Mesmo não empregando a nova tecnologia, as firmas se beneficiam dos efeitos de transbordamentos do conhecimento público, já que estão inseridas no ambiente de crescimento do nível geral de experiência:

$$\partial s_i / \partial t = \partial s_p / \partial t; \text{ se } s_i = s_p. \quad (29)$$

A decisão do período ótimo de adoção tecnológica se difere entre as firmas, já que se ponderam tanto os custos quanto os benefícios. A firma incorre em novos custos ao migrar de uma tecnologia para outra, e estes devem ser comparados com a situação anterior. Quanto mais rápida for a adoção, maiores serão os custos incorridos para se alcançarem níveis máximos de eficiência e os gastos em aprendizado e aperfeiçoamento tecnológico. No que se refere aos benefícios, as firmas buscam as vantagens competitivas do pioneirismo

no uso tecnológico, seja em termos de aumento da participação de mercado, ou ainda em crescimento da lucratividade. Quanto maior for o ganho, maior será a pressão sobre a firma no intuito de realizar a conversão tecnológica.

Uma nova tecnologia será preferida à atual se a produtividade ajustada for maior do que a antiga, o que pode significar redução de custo por unidade de capacidade ao longo do tempo. Mesmo que haja elevação dos custos com a introdução tecnológica, a expectativa de recuperação do investimento deve superar o preço da tecnologia (ou custo do investimento). Se P e c são, respectivamente, o preço por unidade de eficiência e o custo unitário (lembrando que 1 se refere à tecnologia antiga e 2, à nova), tem-se:

$$\frac{(P_2 - P_1)}{(c_1 - c_2/s_i X_i)} \leq b_i. \quad (30)$$

Diante do exposto, percebe-se que o modelo faz uma ampla discussão acerca da diversidade entre os agentes, por meio do aprendizado diferenciado, dos alternativos regimes tecnológicos (o caso de ciência básica e o de tecnologia cumulativa ou incremental) e da difusão tecnológica entre os agentes enquanto resumo dos resultados de toda a dinâmica do modelo. A difusão tecnológica é descrita por uma curva logística, mas representada num ambiente de complexidade econômica e diferenciação entre as firmas.¹⁴

Como mostrado por Almeida (2004), no que se refere aos mecanismos de aprendizado e suas externalidades, existem aspectos problemáticos na interpretação do modelo que estão ligados à apropriabilidade e aos efeitos de transbordamentos do conhecimento. Se a capacidade de absorção de conhecimento depende dos investimentos, como fonte de aprendizado, e dos níveis de educação dos recursos humanos de cada firma, é razoável pensar que os benefícios apropriados são específicos e, conseqüentemente, distribuídos de forma assimétrica entre os agentes. Além do mais, o aumento produtivo associado à aprendizagem não é integralmente transferido às firmas rivais, seja por meio de instruções operacionais, pela mobilidade dos fatores, seja por publicações do conhecimento tecnológico. O aprendizado pelo uso ou experiência (*learning*

14. Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988) e Griliches (1957) chegam a conclusões similares em termos da representação da curva logística e difusão tecnológica. Porém, a modelagem aqui tratada incorpora muitos elementos da dinâmica produtiva até então não discutidos no exemplo do milho híbrido.

by doing) é produto da eficiência e agilidade de operação de cada firma, resultante da intensidade e duração de uma atividade específica.

5 CONCLUSÃO

Este estudo procurou fazer uma revisão da literatura da abordagem evolucionária do crescimento econômico como forma alternativa de estudar a dinâmica da mudança tecnológica. Buscou-se reiterar a importância do progresso técnico como fonte principal do crescimento econômico, bem como apresentar uma sequência de modelos que resumem muitos conceitos schumpeterianos.

Além dos fundamentos teóricos da abordagem evolucionária, foram apresentados modelos de dinâmica industrial. A sequência da exposição da modelagem se justificou de forma a compatibilizar a evolução gradual dos conceitos: *i*) concorrência schumpeteriana; *ii*) regimes tecnológicos; e *iii*) difusão do conhecimento.

Algumas observações podem ser retiradas. Após exposta a modelagem, o crescimento econômico deve ser compreendido por meio de duas características básicas: a primeira diz respeito à competição e a segunda é associada ao papel do investimento na produção. Os agentes competem por uma melhor e mais eficiente combinação de insumos produtivos a ponto de adquirir vantagens comparativas dinâmicas. O investimento, variável que cria a instabilidade do sistema, gera inovação de produto e de processo.

O agente inovador é capaz de promover discontinuidades tecnológicas que impactam toda a cadeia produtiva. As habilidades gerenciais são construídas para explorar e captar novas informações, enquanto o processo de adoção tecnológica condiciona os parâmetros da difusão. Fica clara a importância explicativa do processo de competição, dos alternativos regimes tecnológicos (ciência básica e aplicada) e da difusão de conhecimentos. Tais conceitos são essenciais para o entendimento da mudança tecnológica na economia.

REFERÊNCIAS

AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. 3. ed. London: The MIT Press, 1999.

ALMEIDA, S. **Dinâmica industrial e cumulatividade tecnológica**. Rio de Janeiro: BNDES, 2004.

BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. **The Economic Journal**, v. 110, p. 388-410, Apr. 2000.

CHIAROMONTE, F.; DOSI, G. The micro foundations of competitiveness and their macro-economic implications. *In*: FREEMAN, C., FORAY, D. (Org.). **Technology and the wealth of nations: the dynamics of constructed advantages**. London: Pinter Publishers, 1992.

DOPFER, K. Evolutionary economics: a theoretical framework. *In*: DOPFER, K. **The evolutionary foundations of economics**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2005.

FORAY, D. Les modèles de compétition technologique: une revue de la littérature. **Revue d'Économie Industrielle**. n. 48, p. 16-34, avril 1989.

GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, v. 25, n. 4, p. 501-522, Oct. 1957.

JONARD, N.; YILDIZOGLU, M. Technological diversity in an evolutionary industry model with localized learning and network externalities. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 9, p. 35-53, 1998.

LANE, D. Artificial worlds and economics, part I. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 3, p. 89-107, 1993a.

_____. Artificial worlds and economics, part II. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 3, p. 177-197, 1993b.

LANGLOIS, R.; EVERETT, M. What is evolutionary economics? *In*: MAGNUSSON, L. (Ed.). **Evolutionary and neo-schumpeterian approaches to economics**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

MAIWALD, P. Outline of the state of the innovation theory. *In*: GRUPP, H. **Foundations of the economics of innovation: theory, measurement and practice**. United Kingdom: Edward Elgar, 1998.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. **Research Policy**, v. 25, p. 451-478, 1996.

METCALFE, J. S. **Evolutionary economics and creative destruction**. 3. ed. London: Routledge, 2002.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.

OLTRA, V. **Politiques technologiques et dynamique industrielle**. 1997. Tese (Doctorat) – Université Louis Pasteur Strasbourg I, Strasbourg, 1997.

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, socialismo y democracia**. Buenos Aires: Claridad, 1946.

_____. **História da análise econômica**. São Paulo: Fundo de Cultura, 1964. v. 2.

_____. **Teoría del desenvolvimiento económico**: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico. México: Fondo de Cultura Económica, 1944.

_____. The creative response in economic history. **The Journal of Economic History**, v. 7, n. 2, p. 149-159, Nov. 1947.

_____. The instability of capitalism. **The Economic Journal**, v. 38, n. 151, p. 361-386, Sept. 1928.

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organisation model. **The Economic Journal**, v. 98, p. 1032-1054, Dec. 1988.

SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, Feb. 1956.

_____. Technical change and the aggregate production function. **Review of Economics and Statistics**, v. 39, p. 312-320, 1957.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inovação tecnológica e aprendizado agrícola**: uma abordagem Schumpeteriana. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

_____. **Modelagem evolucionária da dinâmica industrial (parte 2)**: trajetórias tecnológicas, capacidade de absorção e aprendizado. Brasília: Ipea, 2015. (Texto para Discussão). No prelo.

WINTER, S. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 5, p. 287-320, June 1984.

APÊNDICE

CURVA DE DEMANDA COM ELASTICIDADE UNITÁRIA

A curva de demanda inversa pode ser descrita como sendo o preço função da quantidade. Tem-se:

$$p = F(q), \quad F'(q) = \frac{dp}{dq} < 0. \quad (1)$$

A receita total é dada pelo produto do preço pela quantidade,

$$RT = p \cdot q = q \cdot F(q); \quad (2)$$

e a receita marginal é

$$Rmg = \frac{d[q \cdot F(q)]}{dq} = F(q) + q \cdot F'(q) = p + q \cdot \frac{dp}{dq}. \quad (3)$$

Colocando-se o preço em evidência no lado direito da equação (3):

$$Rmg = p \cdot \left(1 + \frac{q}{p} \frac{dp}{dq} \right). \quad (4)$$

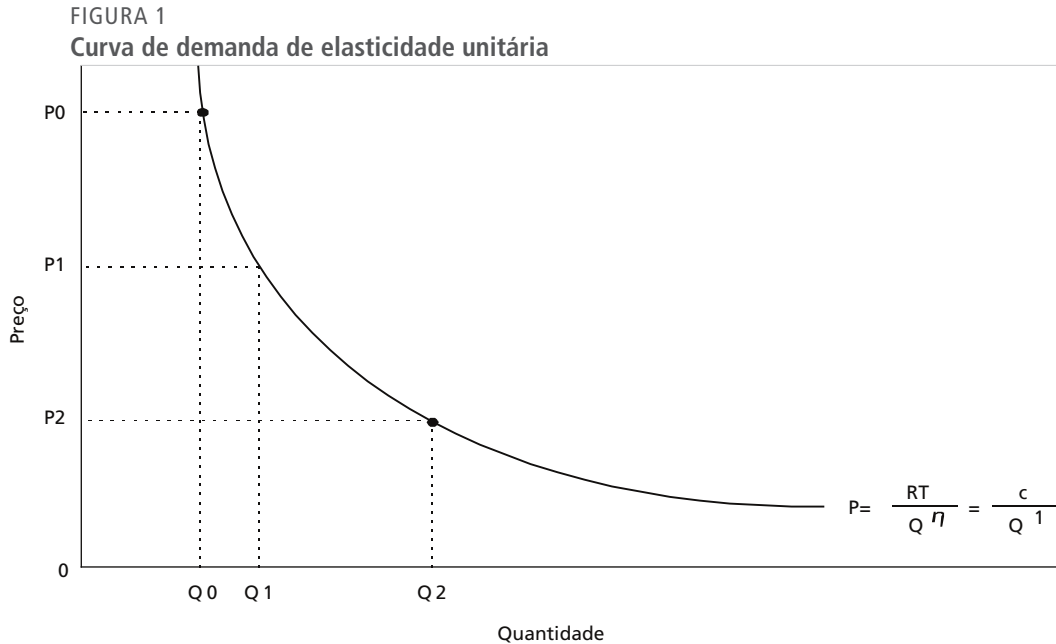
Por definição, a elasticidade-preço da demanda é

$$\eta = -\frac{dq}{dp} \frac{p}{q}. \quad (5)$$

Substituindo-se a equação (5) na equação (4), chega-se à equação da receita marginal relacionada com a elasticidade-preço da demanda:

$$Rmg = p \cdot \left(1 - \frac{1}{\eta} \right). \quad (6)$$

Quando a elasticidade da demanda é constante ao longo de toda a curva da demanda, diz-se que a curva é isoelástica. A figura 1 mostra uma curva de demanda com essa propriedade.



Fonte: Vieira Filho, Campos e Ferreira (2005).

Se a curva de demanda tem elasticidade unitária, a receita marginal é zero e, portanto, a receita total é constante. Uma redução do preço, por exemplo, ocasionaria um aumento da quantidade demandada, de tal forma que o aumento fosse suficiente para deixar o gasto total inalterado. De forma algébrica, se $\eta = 1$, então $Rmg = 0$ e a $RT = c$, onde c é uma constante.

REFERÊNCIA

VIEIRA FILHO, J. E. R.; CAMPOS, A. C.; FERREIRA, C. M. C. Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 2, p. 425-476, jul./dez. 2005.

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Everson da Silva Moura

Reginaldo da Silva Domingos

Revisão

Ângela Pereira da Silva de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Leonardo Moreira Vallejo

Marcelo Araujo de Sales Aguiar

Marco Aurélio Dias Pires

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Erika Adami Santos Peixoto (estagiária)

Laryssa Vitória Santana (estagiária)

Pedro Henrique Ximendes Aragão (estagiário)

Thayles Moura dos Santos (estagiária)

Editoração

Bernar José Vieira

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniella Silva Nogueira

Danilo Leite de Macedo Tavares

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Leonardo Hideki Higa

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Ministério do
Planejamento, Orçamento
e Gestão

