



INOVAÇÃO E AS TEORIAS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO

Raul C. dos Santos

TD Nereus 21-2003

São Paulo
2003

Inovação e as Teorias de Crescimento Endógeno

Raul Cristovão dos Santos¹

Em boa medida, o conhecimento atual das teorias de crescimento econômico procura entender as mudanças ocorridas nas principais economias mundiais durante as décadas de 70 e de 80. De fato, nesse período, assiste-se a uma profunda alteração das matrizes tecnológicas destas economias, marcada pela mudança da matriz metal-mecânica para a matriz da tecnologia da informação. Na verdade, o atual avanço tecnológico compreende outras áreas além da de conhecimento digital, como, por exemplo, as áreas da genética e da estrutura molecular. Na área de tecnologia da informação, os avanços ocorreram na microeletrônica, na fabricação de microcomputadores, nas telecomunicações e na de optoeletrônica (microprocessadores, semicondutores e fibras óticas). Seu principal efeito é a possibilidade de se armazenar e processar uma quantidade enorme de informação. Já na área da biotecnologia, em particular, os avanços devidos à tecnologia da recombinação do DNA abriram uma vasta gama de aplicações a partir da construção de características desejáveis de plantas ou organismos. Na área do conhecimento molecular, os avanços mais promissores se dão na chamada nanotecnologia que permitem rearranjar átomos para criar novas estruturas moleculares.

Essas mudanças são a base do denominado processo de globalização. A globalização estaria criando um novo paradigma sobre a criação e o uso da tecnologia, qual seja, o das redes (*networks*). A expressão mais palpável deste novo paradigma é a emergência de um novo mapa mundial tecnológico cujos principais elementos são os chamados centros ou pólos tecnológicos, áreas espaciais que concentram institutos de pesquisa, novos empreendimentos e capital de risco, centros estes que se encontram conectados numa rede de desenvolvimento tecnológico.

Como não poderia deixar de ser, essas mudanças refletiram-se na forma de pensar a questão do desenvolvimento econômico. A teoria do crescimento econômico refaz a sua matriz teórica original, calcada no modelo de Solow. Como se sabe, este modelo explica o crescimento econômico pelo crescimento dos fatores trabalho e capital, e pelo progresso técnico. Este último elemento sempre se mostrou de difícil absorção no contexto original do

¹ Professor da FEA-USP.

modelo, sendo objeto de várias extensões do modelo original como a teoria do “learning by doing” de Arrow. Na década de 90, Roemer abriu um espaço teórico fecundo ao formular um modelo no qual o progresso técnico aparece determinado endogenamente, daí a denominação desta classe de modelos de teorias de crescimento endógeno.

O presente trabalho expõe e analisa a teoria da inovação contida no modelo de crescimento econômico endógeno de P. Romer. Este modelo reivindica uma superioridade teórica em relação ao modelo tradicional de Solow ao “explicar o inexplicável”, ou seja, determinar endogenamente o ritmo do progresso técnico. O passo crucial nessa operação é a introdução de uma teoria da inovação no interior de um modelo de equilíbrio geral. Portanto, parece razoável examinar no que consiste esta teoria para avaliar se ocorreu ou não um avanço teórico neste campo. A primeira seção descreve o tratamento teórico do progresso técnico no modelo de crescimento de Solow. A segunda seção apresenta a teoria da inovação presente no modelo de crescimento endógeno de Romer. Finalmente, na última seção, avalia-se esta teoria, caracterizando-a como uma versão do modelo linear de inovação.

1. Progresso Tecnológico e Crescimento Econômico em Solow

A teoria do crescimento econômico de Solow constitui-se numa resposta, do ponto de vista da teoria marginalista, a um dos problemas posto pelo trabalho de Harrod². Para este autor, a condição que define uma trajetória de equilíbrio a pleno emprego de uma economia é a igualdade entre a taxa desejada de crescimento do produto e a sua taxa natural de crescimento. A primeira reflete o impacto da acumulação de capital sobre o crescimento do produto, supondo que as expectativas dos empresários estejam sendo satisfeitas, ou seja, aquilo que eles decidem acumular na forma de capital em relação ao crescimento esperado do produto realiza-se na prática. A segunda reflete o impacto do crescimento da força de trabalho e da sua produtividade sobre o produto. Assim, para que o crescimento do produto seja de equilíbrio (decisões satisfeitas quanto à quanto acumular de capital) e a pleno emprego (crescimento da força de trabalho e da sua produtividade), as duas taxas devem coincidir. Ora, na teoria de Harrod, os parâmetros que definem estas duas taxas são dados, a

saber, a taxa de poupança, a relação capital-produto, o crescimento populacional e o crescimento da produtividade do trabalho. Logo, se uma economia encontra-se numa situação de desigualdade entre as suas taxas desejada e natural, inexitem forças que as equalizem. A alternativa possível é transformar um destes parâmetros numa variável cujo valor passaria a ser determinado endogenamente, ou seja, pela própria lógica das hipóteses do modelo sobre o funcionamento do sistema econômico.

Uma das alternativas possíveis foi a de transformar a taxa de poupança nessa variável a ser determinada endogenamente³. Seguindo Harrod, esta taxa depende da distribuição de renda entre empresários e trabalhadores, da distribuição do produto na forma de lucros e de salários. O argumento central é que, embora as taxas de poupança dos empresários e dos trabalhadores sejam dadas, a taxa global de poupança não o é. Alterações na distribuição alteram o montante que cada uma destas classes poupa e daí o montante total de poupança da economia. Logo, a questão passa a ser: existe uma distribuição de renda entre lucros e salários que gera uma taxa de poupança adequada para ajustar a taxa desejada de crescimento à taxa natural?.

Outra alternativa é transformar a relação capital-produto nessa variável de ajuste. Este foi o caminho trilhado por Solow. Da ótica da teoria da produção marginalista, a hipótese da constância da relação capital-produto resulta de uma hipótese simplicadora sobre a função de produção, a de esta ser de coeficientes fixos. Para Solow, existem duas razões para considerar-se imprópria esta hipótese. Em primeiro lugar, do ponto de vista da teoria marginalista da produção, o caso geral é o da existência de diversos processos de produção, principalmente em se tratando de uma análise para a economia como um todo. Não é razoável assumir que uma economia detenha apenas um único processo de produção para gerar o seu produto nacional. Em segundo lugar, já que a questão é de crescimento econômico e, portanto, de longo prazo, é mais implausível ainda assumir que uma economia disponha apenas de um único processo de produção. Logo, torna-se necessário abdicar da constância da relação capital-produto. O valor desta relação seria determinado dentro do modelo, de acordo com a lógica da escolha racional dos empresários maximizadores de lucros. Sob esta hipótese comportamental, os empresários maximizam

² É importante reter este ponto. Solow não estava originalmente preocupado com o estudo das causas do crescimento econômico per se, mas sim em superar os resultados intrigantes da teoria de Harrod.

³ Este foi o caminho seguido por alguns economistas de Cambridge, Inglaterra.

lucros ao escolher um processo de produção, dada a escassez relativa dos fatores de produção, capital e trabalho. Resta saber se este valor assim determinado gera igualdade entre as taxas desejada e natural.

Seguindo Harrod, Solow assume que a taxa crescimento anual da força de trabalho é constante e determinada exogenamente, ou seja, independentemente do funcionamento do sistema econômico. A taxa de acumulação do capital depende da taxa de poupança a qual por hipótese é dada. Como o investimento ocorre automaticamente, pois não se considera questões de incerteza nas decisões sobre quanto acumular de capital por parte dos empresários, toda a parcela poupada a partir do produto nacional⁴ constitui-se em adição ao estoque de capital.

Resta tratar das condições de produção. Estas são dadas pelas propriedades da função de produção. Normalmente, assume-se as propriedades de substituição plena de fatores, de homogeneidade e de rendimentos decrescentes aos fatores. Pela primeira, garante-se que existe um leque de combinações técnicas de capital e trabalho na produção do produto nacional, o que implica na existência de um leque de valores para as relações capital-trabalho e, portanto, para a relação capital-produto. A segunda propriedade garante que o produto total será completamente exaurido pelas remunerações dos fatores em condições competitivas de acordo com as suas respectivas produtividades marginais. Por fim, a remuneração dos fatores decresce com o uso mais intensivo que se faça deles. A solução do modelo que é dada por uma situação de equilíbrio de *steady state*, situação na qual todas as variáveis crescem à mesma taxa constante ao longo do tempo, mantendo-se, portanto, proporcionais entre si, depende exclusivamente das propriedades adotadas sobre a função de produção. Pode-se dizer que os resultados e os limites dos modelos de crescimento marginalista dependem ou estão delineados pelas hipóteses feitas sobre as condições de produção, ou seja, sobre a função de produção.

Considere-se inicialmente o processo de crescimento sem progresso técnico. Num dado período de tempo, são dadas as quantidades de capital e de trabalho. Os empresários escolhem uma combinação de fatores, um processo de produção que maximiza os seus lucros. Em outras palavras, eles escolhem uma relação capital-trabalho sob a qual os dois fatores são plenamente empregados. Dada a combinação de fatores e as suas quantidades

⁴ Estamos assumindo que a economia é de um único setor.

gera-se um montante do produto nacional. Parte deste montante é poupada, de acordo com a dada taxa de poupança. Portanto, no período seguinte, o estoque de capital será maior que o do período anterior pelo volume de poupança realizado. Mas a oferta de trabalho também será maior, devido ao crescimento exógeno da população. Novamente, os empresários escolhem um novo processo de produção maximizador de lucros, ou seja, uma nova relação capital-trabalho que emprega plenamente os fatores. Novo nível de produto nacional é atingido, a partir do qual uma nova parcela é poupada e acumulada como capital, ampliando o estoque total deste na economia que, com a nova oferta maior de trabalho, dado o seu crescimento exógeno, requer que os empresários escolham uma nova relação capital-trabalho e, assim por diante.

O processo de expansão do produto nacional ao longo do tempo converge para um determinado nível. Isto se deve à hipótese de retornos decrescentes ao fator capital. De fato, o processo de crescimento inicia-se por uma baixa dotação de capital por trabalhador, o que implica que nas suas fases iniciais o estoque de capital cresça a uma taxa maior do que a taxa de crescimento da oferta de trabalho. É como se a economia tivesse que dotar os seus trabalhadores com uma maior quantidade de capital para poder produzir mais. Cada adição ao estoque de capital por trabalhador eleva o produto por trabalhador e com isto expande-se o nível de produto per capita da economia. Porém, embora as adições ao produto total sejam positivas, elas são decrescentes devido à produtividade marginal decrescente do fator capital. Inevitavelmente, atinge-se um patamar no qual a adição marginal ao produto nacional é igual à parcela poupada deste, o que quer dizer que a economia atinge uma situação em que a poupança *per capita* é apenas suficiente para manter o atual estoque de capital *per capita*. A partir deste ponto, a economia passa a operar com a relação capital-trabalho e, portanto, com a relação capital-produto corrente. Então, tanto o produto nacional quanto o estoque de capital crescem à mesma taxa que é idêntica à taxa de crescimento populacional. Desta forma, na trajetória de equilíbrio de *steady state*, o produto per capita permanece constante, o que é um resultado reconhecidamente implausível quando se trata de explicar o crescimento econômico de economias capitalistas. Mas, conforme aponta Solow, a história não está completa. Falta um elemento crucial do processo de crescimento econômico destas economias, a saber, o progresso tecnológico. A presença de progresso

tecnológico no modelo permite superar o efeito “negativo” da produtividade marginal do capital.

Solow introduz progresso tecnológico de uma forma direta e à semelhança do crescimento da oferta de trabalho. Ele supõe que o progresso tecnológico cresce a uma taxa constante e determinada exogenamente. Mais do que isso, assume-se que este progresso é de uma forma específica, do tipo Harrod-neutro ou aumentador do fator trabalho. As demais propriedades da função de produção são mantidas: substituição entre fatores ou diversas relações capital-trabalho, homogeneidade e retornos decrescentes. Porém, agora o fator trabalho está expresso em unidades de eficiência ao invés de unidades naturais como no caso do modelo sem progresso técnico. O resultado final é amplamente conhecido. Na trajetória de *steady state*, o produto per capita (em unidades naturais) cresce à taxa exogenamente determinada do progresso técnico, enquanto que o produto total cresce à soma das taxas exógenas de crescimento da oferta de trabalho e do progresso técnico. Este resultado explica o crescimento do produto per capita pelo crescimento do progresso técnico. Mas este, por sua vez, não é explicado. Obviamente que um espaço no edifício teórico da teoria marginalista ficou descoberto, e, sem dúvida, esta não é uma área irrelevante ou que pode ser negligenciada quando se trata de explicar o processo de crescimento econômico de economias capitalistas. O próprio Solow, num trabalho posterior, mostrou o peso considerável deste elemento no crescimento econômico.

Afirmar que a teoria de crescimento marginalista permaneceu neste estado desde então até o aparecimento das teorias de crescimento endógeno é mostrar desconhecimento dos vários desdobramentos explorados desde o trabalho de Solow⁵. Várias tentativas procuraram “preencher” este vazio teórico. Podemos citar aqui os trabalhos de Arrow, de Shell e de Nordhaus. Nestes dois últimos, nota-se a busca de uma teoria da inovação, ou seja, de uma teoria que explique a produção de novas combinações que permitam produzir mais ou melhor com a mesma disponibilidade de fatores. Em certo sentido, o modelo de crescimento de Romer segue nesta trajetória, a de introduzir uma teoria da inovação que dê conta teoricamente do progresso tecnológico. Vejamos então no que consiste esta teoria.

2. A teoria da inovação de Romer

A teoria da inovação de Romer tem dois componentes básicos: o conceito de “idéia” e a concepção do processo gerador destas “idéias”. O passo importante na teoria de Romer é o seu tratamento de idéias como bens econômicos que, dentro da tradição marginalista, implica em considerar os seus atributos. Agentes econômicos diferenciam e ordenam os bens econômicos pelos seus atributos. No campo das Finanças Públicas, Romer considera dois atributos: o da rivalidade e o da exclusibilidade. Um bem econômico é rival quando o seu uso por parte de um agente (indivíduo ou firma) impede o seu uso por outros agentes. Um bem econômico é excluível se o seu proprietário pode impedir que outros o utilizem.

Para Romer, “idéias” são conhecimento ou instruções para “fazer coisas” ou trabalhar materiais, transformando-os em bens para satisfação de necessidades humanas. As idéias diferem radicalmente dos bens econômicos usualmente considerados na análise econômica. Em primeiro lugar, idéias são bens não-rivais, ou seja, sua utilização por parte de um agente não elimina a possibilidade do seu uso por parte de outros agentes. Bens econômicos são bens rivais. Assim, a tecnologia é um insumo não-rival. Nas palavras de Romer, esta é a proposição mais importante do seu modelo.

Em segundo lugar, o progresso tecnológico resulta da ação intencional de agentes guiados pelo motivo de obter benefícios (pecuniários). Desta forma, progresso tecnológico deve, em parte, propiciar este tipo de benefício aos agentes que os produzem. Daí que idéias, como no caso dos bens econômicos tradicionais, devem ter algum grau de exclusibilidade.

Finalmente, é a acumulação deste conjunto de bens não-rivais e parcialmente excluíveis que constitui o progresso tecnológico que, por sua vez, encontra-se no cerne do

⁵ Da mesma forma, é mostrar desconhecimento dos desdobramentos no campo da teoria do crescimento afirmar simplesmente que dos anos setenta até meados dos anos oitenta, esta área estagnou. De fato, deve-se lembrar a crítica dirigida ao principal conceito destas teorias, a função de produção, desenvolvida na controvérsia do capital.

fenômeno do crescimento econômico. Portanto, “crescimento é guiado fundamentalmente pela acumulação de um insumo não-rival e parcialmente excluível”⁶.

Do ponto de vista do esquema geral do argumento de Romer, o modelo de Solow é consistente com a primeira proposição, progresso tecnológico é um bem público gerado exogenamente, e com a terceira, progresso tecnológico alimenta o crescimento econômico, porém não é consistente com a segunda, ou seja, não reconhece o papel das firmas privadas na geração deste insumo não-rival e parcialmente excluível. Para tanto, afirma Romer, o modelo deveria abandonar suas hipóteses de homogeneidade e de condições competitivas. Considerando-se a tecnologia como um insumo (não-rival) da função de produção ao lado do conjunto de insumos tradicionais (rivais), então o produto total gerado pela duplicação destes dois conjuntos de insumos é maior do que o a mera duplicação do produto total. Logo, a função apresenta retornos crescentes de escala e isto implica que as firmas não podem comportar-se como “tomadoras de preço” como no caso tradicional de uma economia em condições competitivas⁷. É discutível se as hipóteses de retornos crescentes e de concorrência monopolística são imprescindíveis na formulação de uma teoria de crescimento endógeno. Qualquer que seja o veredicto, claro está que o cerne do argumento do modelo de Romer é a sua segunda proposição que traz para o centro da discussão a ação intencional das firmas em gerar progresso tecnológico. Por detrás desta proposição está a teoria da inovação de Romer. É neste tópico que concentraremos nossa atenção daqui em diante.

O modelo de Romer compõe-se de três setores. Um é o setor de pesquisa cuja função econômica é produzir novas idéias, quer dizer instruções que permitam a produção de novos bens intermediários a serem utilizados na produção de bens finais. A produção de novas idéias requer capital humano e conhecimento. O segundo setor produz exatamente estes bens intermediários por meio dos novas idéias e de um tipo de bem de capital em estado bruto. A oferta deste bem de capital bruto provém da poupança de parte do produto final. As atividades destes dois setores podem ser executadas por uma mesma firma e, na realidade são, como há algum tempo argumentava Freeman.

Um dos aspectos básicos do modelo de Romer está entre a primeira e a segunda atividade. A produção de conhecimento requer capital humano e o estoque de

⁶ Romer (1990, p.75).

conhecimento existente até então. O conhecimento gerado, as novas idéias, por um lado, afeta diretamente a produção dos novos bens de capital que serão utilizados na produção do bem final. Por outro lado, o novo conhecimento vai ampliar o estoque de conhecimento total disponível na economia. O primeiro efeito corresponde ao aspecto parcial da exclusibilidade do conhecimento, enquanto que o segundo reponde pelo seu caráter não-rival.

Por fim, tem-se o setor de bens finais. Estes são produzidos com capital humano, trabalho simples e bens intermediários. A função de produção deste setor é digna de nota. Nela, o capital é, nas palavras de Romer, desagregado “num número infinito de diferentes tipos de bens duráveis de produção”. Assim, como aponta Solow, “progresso tecnológico consiste em obter novas variedade de bens de capital”. Mais ainda, não se trata de gerar bens de capital mais produtivos, mas de aumentar a variedade destes bens. Os bens de capital são substitutos perfeitos e suas contribuições à produção são aditivas. A função de produção com capital definido desta forma assemelha-se a uma Cobb-Douglas, mas agora a mera expansão da variedade de bens de capital aumenta sistematicamente a produtividade dos outros fatores. Para Solow, esta especificação dos bens de capital numa função de produção parecida com uma Cobb-Douglas é um dos elementos chaves da teoria de crescimento endógeno de Romer. O outro é a produção da variedade de bens de capital que, como visto anteriormente, resulta das atividades de pesquisa e da produção de bens intermediários.

Sob este conceito de capital, fica reduzido o papel que a acumulação de capital tem no seu modelo. Na antiga abordagem ao fenômeno do crescimento, a acumulação de capital era uma das forças que punham em movimento uma economia. Em algumas delas, como na de Kaldor, a acumulação de capital (investimento) estava associada diretamente ao progresso tecnológico. De certa forma, este tratamento ecoa a proposição de Smith para quem a acumulação de capital era um pré-requisito para a divisão de trabalho, fundamento do aumento da produtividade do trabalho⁸. No modelo de Romer, longe disto é o papel da acumulação de capital. De fato, o próprio conceito de capital torna-se diluído ao ser fragmentado em vários tipos de bens intermediários que não se diferenciam quanto à qualidade e à sua produtividade no processo de produção.

⁷ Romer (1990, p. 76).

3. Uma nova versão do modelo linear?

Antes de analisar a teoria da inovação de Romer, convém discutir alguns aspectos do conteúdo mesmo da teoria econômica do seu modelo. Conforme reconhecido pelo próprio Romer, durante os anos sessenta e setenta, insatisfeitos com a hipótese de exogeneidade do progresso tecnológico nos modelos de Solow e de Swan, vários trabalhos buscaram remediar esta situação. Shell (1967) reconhecia que a teoria do crescimento econômico marginalista discutia os efeitos da acumulação de capital e do crescimento populacional sobre a expansão da atividade econômica. Porém, este não era o caso do progresso tecnológico que permanecia sendo entendido como “uma mudança contínua e secular da função de produção cuja taxa e natureza são exógenas às variáveis de políticas no modelo”⁹. Afirmava ainda que este não era o caso dos modelos de Kaldor e de Arrow. No primeiro, era postulada uma relação entre variações no nível de investimento e variações na produtividade do trabalho. Nas palavras de Shell, “Kaldor assumia a visão schumpeteriana na qual a criação de novas idéias acontecia de forma generalizada a uma taxa exógena, mas que a implementação de novas técnicas podia ser explicada pelo fenômeno econômico”. No caso de Arrow, a função de progresso tecnológico apresenta crescimento da produtividade relacionado ao investimento acumulado. Assim, “a produção de novo conhecimento técnico (invenção) e a transmissão e aplicação deste conhecimento (inovação) são consideradas como um produto não-intencional na produção e adoção de novos bens de capital”¹⁰. Sem rejeitar a idéia básica destes trabalhos, a de que progresso tecnológico está relacionado ao investimento, Shell aponta para uma outra linha de investigação na qual progresso tecnológico é um produto intencional das ações das firmas ao dedicarem uma parcela de seus recursos às atividades de pesquisa e desenvolvimento. Porém, esta concepção esbarra em duas dificuldades. Primeiro, numa economia onde conhecimento é uma mercadoria, “as premissas básicas da economia clássica do bem-estar são violadas”, pois “conhecimento técnico pode ser usado por várias unidades econômicas sem que suas qualidades sejam alteradas”. Numa frase, “conhecimento técnico é durável e

⁸ Smith (1970, p. 372).

⁹ Shell (1967, p. 67).

¹⁰ Shell (1967, p. 68).

o seu custo de transmissão é pequeno comparado com o seu custo de produção”¹¹. Este é o problema da apropriação. Segundo, invenção é uma atividade que envolve altos riscos, maiores do que aqueles envolvidos nas decisões de investimento.

Em trabalhos posteriores, Shell (1973) reafirma esses obstáculos inerentes à tentativa de se introduzir progresso tecnológico como produto de ações das firmas e adiciona outro, o da existência de rendimentos crescentes de escala:

If technical knowledge is an argument of the production function, then constant returns in *all* factors is not an attractive hypothesis. [...] if the firm doubles its conventional factors and doubles its stock of knowledge (as measured, say, in patents held), then the firm's output must be more than double. [...] If the firm does indeed face these increasing returns to scale, then it is glaringly obvious that specification of industrial organization will not be straightforward. For example, the competitive model of free entry or costless adjustment of inputs will not work. By Euler's Theorem, if factors were rewarded their marginal products, then payments to conventional factors would exhaust output, leaving no room for inventive activity. (Shell, 1973, p. 80)

A mesma linha de raciocínio está presente em Nordhaus (1969). Neste trabalho o foco da análise é a produção de conhecimento técnico (invenção), ou seja, conhecimento dirigido para problemas específicos na produção de bens, e não o de conhecimento geral cujo objetivo é produzir mais conhecimento geral. Mais precisamente, Nordhaus está preocupado com invenções de processo, novas técnicas que reduzem os custos de produção. O fato crucial reconhecido pelo autor é que este tipo de conhecimento é, em boa medida, produzido por firmas que visam lucros¹². Assim como no caso de Shell, Nordhaus reconhece que a tentativa de incorporar progresso tecnológico no âmbito da teoria da firma marginalista esbarra em alguns problemas conceituais devido às características do conhecimento como bem econômico. Um deles é o da indivisibilidade: “conhecimento é difícil de produzir, mas fácil de reproduzir”. Outro é o das externalidades que ocorrem entre firmas engajadas no processo de invenção. Este problema decorre da dificuldade das firmas em “capturar todos os frutos das suas invenções”¹³. Embora Nordhaus desenvolva um modelo para o caso que ele considera o mais realístico, firmas apropriam-se parcialmente

¹¹ Shell (1967, p. 68).

¹² Nordhaus (1969, p. 8 e 17).

dos frutos das invenções, ele faz notar que algumas dificuldades ainda subsistem na sua abordagem, em particular, a dos retornos crescentes de escala. No seu modelo, a suposição de que os retornos são não-crescentes é uma necessidade ditada pela manutenção da hipótese de concorrência perfeita. Porém, essa suposição é implausível. Logo, deve-se reconhecer a presença de retornos crescentes, mas estes são incompatíveis com a hipótese de concorrência perfeita. Para superar esta incompatibilidade ou abandona-se a hipótese de concorrência perfeita ou reformula-se a teoria para torná-la adequada às condições competitivas.

Esta rápida inspeção das teorias de crescimento endógeno dos anos sessenta mostra que os problemas centrais da incorporação do progresso tecnológico estavam identificados. O trabalho de Romer filia-se claramente a esta linha de pesquisa, como ele mesmo reconhece. Seu trabalho opta pela primeira alternativa proposta por Nordhaus acima, ou seja, abandonar a hipótese de concorrência perfeita. Isto foi possível com a utilização do tratamento da concorrência monopolística de Stiglitz e Dixit (1977). Agora, o que chama atenção nos trabalhos das antigas e das novas tentativas de dar conta do progresso tecnológico como um resultado da própria atividade econômica, mais precisamente, das ações das firmas, é o esforço em “adaptar” a teoria da firma aos fatos da realidade. O problema não é construir uma teoria da firma que contenha como um dos seus elementos centrais, as atividades das firmas em alterar constantemente os seus métodos de produção ou os seus produtos. O problema é, nas palavras de Romer, “como compensar pela produção de idéias num modelo de equilíbrio geral”¹⁴. A única saída, como já apontavam os trabalhos anteriores da década de sessenta, é o abandono da hipótese da concorrência perfeita. Perdem-se os anéis, mas não os dedos.

Mas não é só a hipótese de concorrência perfeita que está em jogo. A própria concepção de firma e do processo de produção que ela encerra que se apresenta problemática quando a teoria da firma é confrontada com o fenômeno do progresso tecnológico. Na teoria marginalista, a firma aparece como uma unidade alocadora de recursos dados e não como uma unidade de acumulação de capital, ou seja, como uma unidade que se encontra sob um estado permanente de pressão para expandir a escala de suas operações. Se em outros campos da análise econômica esta concepção não se

¹³ Nordhaus (1969, p. 35-38).

apresenta como problemática, aqui, na área do crescimento econômico, é impossível escapar dos seus limites. De fato, se para a teoria marginalista o fenômeno econômico é o da escassez, como mantê-lo num caso caracterizado pela expansão ininterrupta dos limites tecnológicos da produção? Boa parte dos autores das novas teorias de crescimento endógeno qualificam alguma das suas proposições como schumpeterianas. No entanto, ao tratar da inovação no processo econômico, Schumpeter abandonou as hipóteses tradicionais da teoria do equilíbrio geral pelo menos no caso das firmas. Ao invés de postular um desvio destas hipóteses, Schumpeter formulou e introduziu um outro conceito de agente do lado da produção, a saber, o do agente inovador. Este, como se sabe, tem uma conduta (liderança) e um conjunto de motivos distintos daquele postulado para o agente racional do fluxo circular da renda.

Considerando-se agora a teoria da inovação presente no modelo de Romer, as novas teorias do crescimento são uma tentativa de penetrar no interior da “caixa preta” da tecnologia¹⁵. Porém, como no interior de uma “caixa preta” existe sempre uma segunda “caixa preta”. De fato, as teorias de crescimento endógeno exibem uma segunda caixa preta denominada “função de produção do conhecimento” na qual novas idéias são produzidas a partir de um esforço de pesquisa e desenvolvimento. Deixando de lado, por enquanto, a natureza deste processo, deve-se notar inicialmente a insuficiência do conceito chave de “estoque de conhecimento” ou de “idéias”. De acordo com Steedman (2002), supondo-se que “conhecimento” possa ser considerado homogêneo, ainda resta a questão da existência de alguma medida cardinal do estoque de conhecimento. Na verdade, autores das novas teorias de crescimento, incluindo Romer, assumem implicitamente esta hipótese. Simplesmente representa-se o estoque de conhecimento e variação do nível deste estoque por A e dA/dt na função de produção do conhecimento, sem que se pergunte em que unidade de medida A está expresso. De certa forma, observação semelhante pode ser feita acerca da variável “capital humano” nos modelos à la Lucas ou Romer. Steedman (2002, p. 119) nota que no seu artigo seminal, Arrow (1962, p. 202) chamava a atenção sobre “a dificuldade de se medir a quantidade de conhecimento”, e por conta disto não utilizava esta idéia como elemento chave do seu modelo. Ao contrário, Arrow trabalhava com o conceito de investimento bruto acumulado o qual relacionava-se praticamente com a aquisição do

¹⁴ Romer (1991, p. 104).

conhecimento. Steedman (2002, p. 120) faz notar que na sua descrição dos insumos básicos do seu modelo – capital, trabalho, capital humano e um indicador do nível da tecnologia – Romer faz “comentários claros sobre como medir os dois primeiros, alguns comentários vagos sobre a mensuração do terceiro – e não afirma nada sobre como medir o quarto”, supostamente a variável crucial de um modelo de crescimento endógeno.

Uma exceção ao silêncio dos autores das novas teorias de crescimento sobre a questão da medida do estoque de conhecimento é o trabalho de Aghion e Howitt (1998). Num apêndice (de 14 páginas de um livro com 694 páginas, como nota Steedman), estes autores reconheceram que “inexiste qualquer medida empírica aceitável de conceitos teóricos cruciais, tais como o de conhecimento tecnológico, capital humano, taxa de obsolescência do conhecimento adquirido e assim por diante”(Aghion e Howitt, 1998, p. 435).

A teoria da inovação de Romer apresenta uma concepção particular do processo de invenção e inovação conhecida como a do modelo linear. Vejamos mais de perto no que consiste esta concepção. Aqui tem-se que retomar a veia teórica aberta por Schumpeter. Note-se que, muito embora a discussão da natureza e do papel da inovação na dinâmica econômica esteja sempre associada ao nome deste autor, ele nunca elaborou uma teoria da inovação dentro da sua teoria de desenvolvimento econômico. Pelo contrário, Schumpeter distingue invenção e inovação, e insiste na necessidade desta distinção. O campo da análise econômica é o da inovação que ele coloca no âmbito das firmas. A identificação da invenção com a inovação leva a dois tipos de problemas. Primeiro, ela obscurece os limites do fenômeno a ser estudado:

Innovation is possible without anything we should identify as invention and invention does not necessarily induce innovations, but produces of itself no economically relevant effect at all.[...] Stressing the element of invention or defining innovation by invention would, therefore, not only mean stressing an element without importance for economic analysis, but it would also narrow down the relevant phenomenon to what really is but a part of it. (Schumpeter, 1964, p. 59)

Em segundo lugar, invenção e inovação são duas esferas de atividade completamente diferentes, envolvendo aptidões humanas e métodos distintos:

¹⁵ Weitzman (1996, p. 209)

The social process which produces inventions and the social process which produces innovations do not stand in any invariant relation to each other and such relation as they display is much more complex than appears at first sight. (Schumpeter, 1964, p. 60-61)

A separação conceitual entre invenção e inovação permite que esta última seja apreendida com um fator interno de mudança da vida econômica. Isto porque a inovação não é causada por e nem é a mera causa de qualquer outro fator. Entretanto, vários autores passaram a considerar crucial estender os limites da análise schumpeteriana para além do conceito de inovação. Um exemplo é dado por MacLaurin (1961). Argumentando que Schumpeter desenvolveu suas idéias antes do crescimento significativo da ciência organizada, ele não pode “dedicar muita atenção ao papel da ciência como um marcador de ritmo da mudança”¹⁶. Assim, interessado em ampliar a teoria de Schumpeter para açambarcar esta nova realidade. Maclaurin formulou um conceito de mudança tecnológica cuja característica básica é a sua divisão em etapas que se sucedem umas às outras linearmente¹⁷, a saber:

- Propensão a desenvolver ciência pura
- Propensão a inventar
- Propensão a inovar
- Propensão a financiar inovações
- Propensão a aceitar inovações

Esta concepção passa a permear diferentes estudos do progresso tecnológico. Na verdade, passa a fornecer um novo contorno deste fenômeno, tanto na sua dimensão qualitativa quanto na quantitativa, quando se procura “medir” a magnitude do esforço tecnológico de um país pelos seus gastos em P&D, número de cientistas engajados em P&D (setores privado e público), patentes emitidas e assim por diante¹⁸. Nas suas versões mais populares, esta concepção ficou reduzida a seqüência linear de invenção, inovação e difusão de tecnologias, ou então, a seqüência pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento. Numa das suas versões, a atividade científica gera descobertas e

¹⁶ Exatamente pelo mesmo motivo, Freeman (1974, p. 22) argumenta que é insatisfatório restringir a análise da mudança tecnológica ao fenômeno da inovação. Deve-se estendê-la para o caso da “indústria de P&D” a qual forma uma parcela menor, mas significativa, da indústria do conhecimento, conforme identificada por Machlup (1962) numa sociedade moderna.

¹⁷ Maclaurin (1961, p. 320).

conhecimento que formam o principal insumo para o avanço da tecnologia. Assim, a inovação tecnológica resulta do avanço da ciência¹⁹. Esta concepção, amplamente utilizada em vários estudos econômicos sobre progresso tecnológico, é conhecida como o modelo linear de inovação.

Concentrando-se no conteúdo do argumento econômico de Romer acerca da geração de inovação, o que se nota é a semelhança da sua concepção com esta do modelo linear. De fato, da mesma forma que nos modelos antigos de crescimento endógeno, o modelo de Romer adota uma sequência linear de atividades que se confunde com os três setores que compõem o seu modelo. Assim, inicialmente encontra-se o setor de pesquisa onde ocorre a produção de conhecimento técnico ou de idéias. Em seguida está o setor que produz os novos bens de capital, elaborados sob as instruções contidas nas novas idéias. Finalmente, na ponta desta cadeia, aparece o setor produtivo propriamente dito o qual utiliza os novos bens de capital na produção de bens finais.

Pode-se associar a seqüência de atividades do modelo linear à seqüência de atividades dos três setores descritos acima. A atividade do setor de pesquisa corresponderia aproximadamente à etapa da invenção. Novas idéias que potencialmente podem ser utilizadas na produção de algum tipo de bem. A atividade do setor produtor de bens intermediários caracterizaria a etapa da inovação pois é neste ponto que a idéia é comercialmente introduzida. Finalmente, a atividade do setor produtor de bens finais corresponde ao processo de difusão da inovação. Note-se que não é claro no modelo de Romer apontar a “novidade” no sentido de Schumpeter. Aqui, provisoriamente, admite-se que ela emerge na produção dos novos bens intermediários. Se esta caracterização da lógica do modelo de Romer é correta, então algumas concepções equivocadas sobre a natureza do progresso tecnológico podem ser difundidas mesmo que originalmente elas não façam parte da sua teoria da mudança tecnológica²⁰. Vejamos como esta concepção pode engendrar determinados equívocos conceituais e práticos.

De acordo com David (1992), três críticas imediatas podem ser apontadas ao Modelo Linear. Primeiro, no campo epistemológico, este modelo é inadequado para explicar a evolução dos estoques de conhecimento científico e tecnológico. Ele sugere que

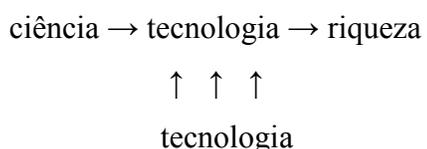
¹⁸ Veja-se, por exemplo, Mansfield (1971).

¹⁹ Massey (1992, p. 56).

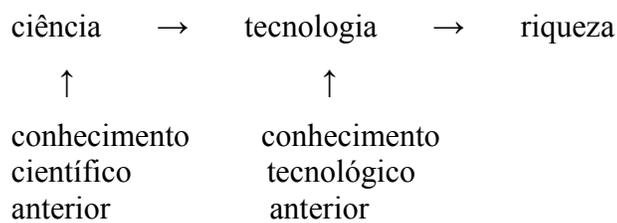
²⁰ O argumento desenvolvido aqui segue as críticas apresentadas por Massey (1992).

o avanço tecnológico deriva do avanço da ciência. Porém, é amplamente reconhecido pelos estudiosos que “for much of the world’s history new technologies had little indebtedness to what we would call ‘science’. Even today, inventions do not necessarily follow from applied scientific discoveries”. Não só isso, em alguns casos, a causalidade é inversa: tecnologia encontra-se adiante da ciência e serve de estímulo à pesquisa científica. Segundo, a separação entre ciência pura e aplicada, sendo que a primeira aparece completamente desconectada das atividades econômicas, mas “in the role of the driver of the entire sequence of activities and events”. Terceiro, da ótica do modelo linear, “changes in the technological opportunity available to procedures are conceptualized as resulting from discrete advances or research breakthroughs”. No entanto, mudanças tecnológicas significativas ocorreram a partir do acúmulo de um número incontável de pequenas melhorias.

Algumas vezes o modelo linear de “invenção-inovação-difusão” traduz em “ciência-tecnologia-progresso tecnológico”. Novamente, ciência ou ciência pura torna-se a fonte de todo o progresso tecnológico, quase que o principal insumo dos avanços tecnológicos e, portanto, do crescimento econômico. Esta concepção foi denominada por Kealey (1996, p. 4-5) de “baconiana” por ser Francis Bacon o primeiro pensador a propor um modelo linear de avanço tecnológico. Contra esta concepção e as suas consequências para políticas públicas, Kealey (1996, p. 205-224) argumenta que se, por um lado, tecnologia gera riqueza, por outro, não se pode esquecer que esta equação depende do ambiente social. Deste ponto de vista, afirma este autor, somente o capitalismo forneceu a cultura adequada para a criação de riqueza a partir da tecnologia. Mas a questão crucial é saber se ciência gera tecnologia. Citando diferentes estudos para os EUA e a Inglaterra, Kealey aponta que a maioria esmagadora das inovações industriais dependeu do próprio desenvolvimento tecnológico, enquanto que uma parcela insignificante deveu-se à pesquisa científica. Isto quer dizer que uma concepção mais adequada do processo de progresso tecnológico deveria considerar o seguinte arranjo:



Mais ainda, a atividade tecnológica produziu espaço para os avanços da ciência, o que implicaria, em certa medida, reverter a flecha que relaciona “ciência” à “tecnologia” no diagrama acima.²¹ Repetindo um dos argumentos de Schumpeter sobre a impropriedade de se confundir invenção com inovação, Kealey argumenta que as atividades científicas e tecnológicas são distintas no cotidiano, embora exista um campo fértil para a interação entre estas duas atividades. Assim, o modelo linear assumiria o seguinte formato:



Não se pode esquecer que as críticas de Kealey têm como objetivo principal invalidar a proposição de que políticas públicas de apoio às atividades científicas são necessárias porque o setor privado, movido pela busca de lucros no curto prazo, não investe o suficiente nestas atividades. Em outras palavras, Kealey é partidário de uma abordagem “liberal” contra a de caráter “dirigista”, sobre o financiamento das atividades científicas. Partidários da abordagem “dirigista” argumentam que o governo deve investir nesta esfera porque a indústria não o faz em escala suficiente. A opinião de Kealey é que as firmas investem em ciência e o fazem porque é lucrativo.

Na tentativa de mostrar os equívocos da abordagem “dirigista”, Kealey cita como exemplo o trabalho de Romer. De acordo com Kealey, Romer é favorável ao financiamento público da ciência porque, em primeiro lugar, pesquisa tem externalidades positivas. Ora, como estes benefícios são “não-excluíveis”, não são contemplados nos preços no mercado de “idéias”. Em segundo lugar, pesquisa produz um insumo que é adquirido por um setor intermediário afeito a práticas monopolistas. Nas palavras de Kealey:

²¹ Exemplos citados são o da descoberta em 1932 por dois engenheiros do laboratório da Bell Company, do fundo cósmico de radiação que levou à teoria do “Big Bang” e os descobrimentos recentes da supercondutividade, descoberto por dois engenheiros da IBM em 1986.

He [Romer] claims that there cannot be a free market research; instead, a middle man exploits a monopoly to extract unfair profits from both the researcher and the consumer. (Kealey, 1996, p. 251)

O primeiro argumento de Romer, Kealey refuta empiricamente, ou seja, observa-se como prática usual das firmas investir pesadamente em pesquisa para aproveitar-se dos efeitos secundários da descoberta científica. O segundo argumento atinge o ponto central da teoria de Romer. Para este autor, deve-se separar o elemento não-rival da produção do conhecimento (idéia) do elemento rival, o capital humano,. Kealey rebate esta proposição da seguinte forma:

A design obviously differs in a crucial way from a piece of human capital such as the ability to add, but a design cannot be ‘used in as many different activities as desired’ without the intervention of people. The use of a design demands, obligatorily, the exploitation of human capital; therefore, any economic arguments about design must incorporate the economic of rivalry. (Kealey, 1996, p. 232)

Mais ainda, de acordo com Kealey, Romer, ao mostrar que conhecimento científico está disponível gratuitamente, conclui equivocadamente que, sob um mercado competitivo, firmas não financiam pesquisas. Ora, como isto de fato ocorre (Romer assume este fato), Romer conclui que as firmas financiam porque atuam num mercado não-competitivo.²² Mas, então, quem está explorando este monopólio? Não podem ser as firmas, pois os consumidores lucram com as invenções; nem os inventores, pois estes não são devidamente compensados pelos seus inventos. É neste ponto que Romer introduz o produtor intermediário que “compra barata a invenção do inventor, e então explora seu monopólio vendendo-a cara ao produtor final”(Kealey, 1996, p.232).

Porém, a maior crítica que se possa fazer ao modelo linear é o papel diminuto que a esfera da produção tem na descrição do processo de progresso tecnológico do modelo de Romer. De fato, esta esfera da atividade econômica aparece somente na etapa final e mesmo assim desempenhando um papel passivo e limitado de utilizar a variedade crescente

²² As firmas determinam ao invés de considera-lo paramétrico.

de bens de capital para produzir bens finais. A ênfase do processo concentra-se na etapa inicial onde capital humano com conhecimento geral disponível fazem surgir as novas idéias. Esta atividade aparece, por um lado, como momento independente de todo o processo e, por outro, como origem exclusiva do progresso tecnológico que se observa na produção dos bens finais.

Pari passu com a diferenciação das atividades encontra-se também uma diferenciação dos agentes envolvidos. Na primeira etapa, estão basicamente cientistas e engenheiros. Na segunda atividade, embora ainda possa haver a presença de cientistas, aumenta consideravelmente a presença de engenheiros e técnicos de produção, eventualmente trabalhadores especializados. Na última etapa, o agente mais usual são trabalhadores especializados ou não. Esta é a esfera do “chão da fábrica”. Portanto, à diferenciação de atividades corresponde uma diferenciação de trabalhos, ou seja, uma divisão de trabalho. Mas como a diferenciação de atividades compreende uma ordenação, esta divisão de trabalho configura uma hierarquia de trabalhos. Daqui decorre um dos aspectos mais problemáticos de qualquer concepção que se baseie no modelo linear: a diferenciação entre concepção e execução ou entre trabalho mental e manual. Como aponta Frankel:

[...] it is important to recognize that an activity (or performance) which, for convenience, we describe as technical, does not consist as it were of two parts, namely of (a) knowing how to do a thing and of (b) doing it. [...] It consists in the fallacious belief that a society's activities proceed in two separate compartments: the first containing the process of abstract willing or knowing, the other containing the application of such willing or knowing. It is on the basis of a similarly erroneous conception of the nature of economic activity that we so readily conclude that technical change is a kind of abstract force which has certain social consequences, and fail to see that what we describe as the consequences of this imaginary force is simply part and parcel of the activity itself. (Frankel, 1961, p. 410-411)

Quando o modelo linear identifica as suas etapas iniciais com a ciência e a tecnologia, onde a primeira precede logicamente a segunda, os problemas apontados acima não só permanecem como também acabam por introduzir sérios equívocos. Em particular, é desta concepção que se pergunta como é possível aumentar a produção científica, já que

esta é o insumo básico para o avanço tecnológico. Ou então, como reduzir o hiato entre as duas pontas da sequência, ou seja, aproximar as atividades de P&D das atividades de comercialização das inovações. Quando se trata esta questão do ponto de vista de políticas regionais, a questão transforma-se na identificação das localidades onde competências científicas estão acumuladas.

A possibilidade que estas concepções errôneas apareçam sob o argumento econômico das teorias endógenas de crescimento como as de Romer é mais perniciosa ainda quando se trata de utilizá-las no caso de países em desenvolvimento. Pode-se repetir o erro “de José da Silva Lisboa que, como aponta Buarque de Holanda, a partir de uma tradução errônea da *Riqueza das Nações*, indaga se ‘para a riqueza e prosperidade das nações contribui mais, e em que grau, a *quantidade de trabalho* ou a *quantidade de inteligência*’. Esta “inteligência” é uma das características mais avessa ao espírito moderno. Nas palavras de Buarque de Holanda, ‘nada é mais oposto ao sentido de todo o pensamento econômico moderno oriundo da Revolução Industrial e orientado pelo emprego progressivo da máquina do que essa primazia conferida a certos fatores subjetivos, irredutíveis a leis de mecânica e a termos de matemática’”²³.

²³ Santos (2000).

4. Referências Bibliográficas

- Arrow (1962). “The Economics Implication of Learning by Doing” in P. Newman (ed), *Readings in Mathematical Economics*, vol. II. Baltimore, John Hopkins Press, 1968.
- David, P. A. (1992). “Knowledge, Property and the System Dynamics of Technological Change” in *Proceedings of The World Bank*, Annual Conference in Development Economics.
- Frankel, S. H. (1961). “Some Aspects of Technical Change” in B. Okun e R. W. Richardson (eds.) *Some Studies in Economic Development*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Freeman, C. (1974). *The Economic of Industrial Innovation*. Harmondsworth, Penguin Books.
- Kaldor N. (1957). “A Model of Economic Growth” in *Economic Journal*”, vol. 67, p.591-624.
- Kealey, T. (1996). *The Economics of Scientific Research*. Houndmills. MacMillan Press.
- Machlup, F. (1962). *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton, Princeton University Press.
- MacLaurin W. R. “The Sequence from Invention to Innovation and its Relation to Economic Growth” in B. Okun e R. W. Richardson (eds.) *Some Studies in Economic Development*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Mansfield, E. (1971). *Technological Change*. New york, W. W. Norton & Company Inc.
- Massey, D. at al (1992). *High Tech Fantasies. Science Parks in Society, Science and Space*. London, Routledge.
- Nordhaus (1969). *Invention, Growth and Welfare*. Cambridge, The M. I. T. Press.
- Romer (1990). “Endogeneous Technological Change” in *Journal of Political Economy*, vol. 98, n. 5.
- _____ (1991). “Increasing Returns and new Developments in the Theory of Growth” in W. Barnett (ed) *Equilibrium Theory and Applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1991.
- _____ (1992). “Two Strategies for Economic Development: Using Ideas and Producing Ideas”. *Proceedings of the World bank Annual Conference on Development Economics*.
- Santos, R. C. dos (2000). “Desigualdade de Renda e Desigualdade de Teorias” in *Informações FIFE*, n. 243, p.17-20.
- Schumpeter (1964). *Business Cycles* (abridge edition). Philadelphia, Porcupine Press.

- Shell, K. (1967). *Essays on the Theory of Optimal Economic Growth*. Massachusetts, MIT Press.
- _____ (1973). “Inventive Activity, Industrial Organization and Economic Growth” in J. ^a Mirrlees e N. H. Stern (eds.), *Models of Economic Growth*. London, MacMillan.
- Smith, A. (1970). *The Wealth of Nations*. Harmondsworth, Penguin Books.
- Steedman, I. (2002). “On Measuring Knowledge in New (Endogeneous) Growth Theory” in Neri Salvadori (ed.), *Old and New Growth Theories: an Assessment*, <http://growthbook2.ec.unipi.it/>.
- Stiglitz e Dixit (1977). “Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity”. *American Economic Review*, vol. 67, n. 3.
- Weitzman, M. L. (1996). “Hybridizing Growth Theory” in *AEA Papers and Proceedings*, vol. 86, n.2.