



1290000685



TCC/UNICAMP AL64a



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

APRENDIZADO INFORMAL EM MODELOS DE CRESCIMENTO ECONÔMICO

Monique Moura de Almeida

Monografia apresentada no Instituto de
Economia da Universidade estadual de
Campinas, sob orientação da Profa. Dra.
Maria Sílvia Possas, tendo como banca o
Prof. José Maria da Silveira

CAMPINAS, 1996. ✓

**TCC/UNICAMP
AL64a
IE/685**

CEDOC/IE

.Aos meus pais

"The day we can claim that the problem of understanding of causes of inequalities in economic growth has been solved, a large part of the difficulties, as well as joys, of economic history will disappear".

Bairoché Lévy-Leboyer. 1981

Agradecimentos

Sílvia, obrigada por ter me orientado na elaboração deste trabalho. Mais do que uma monografia, esta foi a minha primeira experiência de produção científica, onde tive espaço para ter idéias e desenvolver argumentos. Cresci muito, pode ter certeza, e devo isto, em grande parte a você, à sua presença constante e ao seu grande envolvimento com esta pesquisa, do início ao fim. Apesar de saber que amizade não se agradece, se retribui, este é o espaço que eu tenho para dizer o quanto a sua amizade é importante para mim. Entre uma aula e outra, entre um modelo e outro, construímos uma relação que envolve respeito, carinho e cumplicidade. Aqui vai não um agradecimento, mas uma promessa de criar o tempo e a oportunidade para que conversar seja sempre possível além de necessário.

Zé Maria, obrigada não somente por ter aceitado participar da banca desta monografia, mas, principalmente, por ter gostado tanto de me ver trabalhando com este assunto. Obrigada também pelo socorro prestado em inúmeros momentos quando eu não conseguia entender e muito menos explicar.

Guida, obrigada por ter me ensinado tanta coisa e por ter lido e comentado o primeiro capítulo. Mas, acima de tudo, obrigada pela atenção de sempre, pela *confiança* e pela amizade.

Clésio, obrigada pelo grande interesse que você sempre manifestou ao longo de todo o caminho. Em particular, agradeço as notas do Samuel que me ajudaram a decifrar várias passagens.

A todos os meus professores, agradeço por todo o conhecimento que me transmitiram. Se hoje me sinto capaz de emitir opiniões, discutir, concordar ou discordar, devo isto a vocês.

Cássio, sem você tudo isso não teria tido, de jeito nenhum, a mesma graça que teve. Mais do que as discussões que tivemos sobre o conhecimento, o aprendizado e etc..., valeram as horas passadas lado a lado nos computadores do SPD, os papos na cantina, os risos em sala de aula e todo o resto. Entre coisas partilhadas - como a nossa admiração pela Sílvia - e coisas não partilhadas - como a sua adoração pela Gal - ficamos amigos. Por você tenho muito carinho, admiração e respeito e, por isso, tenho certeza, sempre estaremos juntos de alguma forma.

Eduardo, obrigada pelo interesse e pela paciência. Ler com tanto rigor a primeira versão desta monografia é algo que eu não teria tido a coragem de pedir para ninguém que não estivesse diretamente envolvido... ainda bem que você se ofereceu.

A todos os meus amigos, agradeço pelo carinho e pelo companheirismo. Sem o afeto de vocês tudo teria sido muito mais difícil; com ele, tudo passou até rápido demais.

Helena e Milton, obrigada por tudo e porque tudo é muito pouco perto do que vocês me deram. Vocês foram, ao mesmo tempo, cunhados, pais, irmãos e amigos, além de aguentarem minha prolixidade de final de tarde e as minhas crises de mau humor. Obrigada também pela assessoria matemática prestada entre o jantar e a novela. Sempre imaginei, ao longo destes anos, de que forma diria 'Muito Obrigada' e até agora me faltam palavras...acho que é porque sobram sentimentos. Sempre guardarei os anos que passei em Campinas, com vocês, com muita saudade, apesar de terem sido dias longe de casa e do Paulo. Vocês fizeram com que isso fosse assim.

Danielle e Gustavo, obrigada por terem estado sempre perto de mim e por terem compartilhado comigo tudo o que vivi.

Paulo, obrigada pelo apoio incondicional em todos os momentos. Obrigada por ter sempre acreditado em mim, muito mais do que eu mesma, e por ter participado de *tudo*, momentos bons e ruins. O nosso amor é a coisa mais importante que eu tenho e é a base de tudo o que construo agora e do que construirei daqui pra frente.

Finalmente, agradeço a FAPESP pelo apoio financeiro recebido para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

<u>INTRODUÇÃO</u>	1
 <u>CAPÍTULO 1 - DUAS VISÕES DO CONHECIMENTO E DO APRENDIZADO</u>	
Introdução	7
1) A especificidade do conhecimento enquanto um bem econômico.	8
1.1) O conhecimento como um bem público: a abordagem neoclássica	10
1.2) O conhecimento como um ativo específico: a abordagem evolucionista	14
2) Conclusão	18
 <u>CAPÍTULO 2 - MODELOS DE CRESCIMENTO ÓTIMO</u>	
Introdução	20
1) Alocação de recursos ao longo do tempo: Teoria do Controle Ótimo	21
1.1) A formulação de um problema de controle ótimo em economia	22
1.2) A solução de um problema de controle ótimo	25
2) Modelos de crescimento ótimo: uma revisão	27
 <u>CAPÍTULO 3 - MODELOS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO</u>	
Introdução	35
1) A “nova” teoria do crescimento econômico: o modelo de Lucas	36
1.1) Capital humano: acumulação intencional	37
1.2) O aprendizado informal e a acumulação de capital humano	46
1.3) Crescimento e divergência	50

2) A “nova” teoria do crescimento econômico: o modelo de Romer	52
2.1) O modelo de Romer	53
2.2) Conhecimento e aprendizado formal	61
2.3) Características do conhecimento e crescimento econômico	64

CAPÍTULO 4 - UMA ABORDAGEM EVOLUCIONISTA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO

Introdução	69
1) Os “fatos estilizados” da economia contemporânea	71
2) Inovação e racionalidade restrita	73
2.1) Características do processo inovativo	73
2.2) A racionalidade restrita e a formação de “rotinas”	75
3) Concorrência e desequilíbrio	77
4) Um modelo evolucionista de crescimento econômico	78
4.1) Hipóteses do modelo	79
4.2) Inovação e imitação	80
4.2.1) Regras de comportamento	83
4.2.2) A dinâmica do mercado	85
4.2.3) O comportamento das variáveis macroeconômicas	88
4.2.4) Propriedades gerais do modelo	89
5) Resultados do modelo	90
6) Aprendizado e crescimento	92

<u>CONCLUSÃO</u>	94
------------------	----

<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	98
-----------------------------------	----

INTRODUÇÃO

O crescimento é tema central da discussão econômica desde A. Smith em sua investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações.

Embora o estudo sistemático dos fatores que determinam o crescimento venha sendo realizado desde os primórdios da história econômica, sua modelização consiste um desenvolvimento relativamente recente da teoria. Com a evolução do capitalismo, as questões que se colocam sobre o crescimento e desenvolvimento das nações estão sempre se modificando e se adaptando a um novo contexto da economia internacional. A partir do início da década de 80, são vários os fatos sobre a experiência de crescimento da economia mundial que demandam explicação. Todavia, aquele que está mais persistentemente colocado nos trabalhos científicos desta década, sejam esses pertencentes ao *mainstream* ou a interpretações alternativas, é que diferentes países apresentam, comparativamente, desempenhos extremamente diversos em termos de crescimento econômico.

É importante compreender que para muitos autores existe uma distinção clara entre crescimento e desenvolvimento, o primeiro sendo apenas um aspecto do último. Para esses autores, o termo desenvolvimento implicaria num conjunto bem maior de mudanças, sobretudo de caráter qualitativo, além do crescimento econômico em si. Mesmo cientes dessa distinção, nosso interesse, neste trabalho, estará restrito à discussão dos aspectos determinantes do crescimento econômico e da sua diferenciação no contexto mundial.

Derivadas da questão central sobre as diferentes taxas de crescimento apresentadas pelos diversos países, surgem algumas outras : existe uma tendência à convergência das taxas de crescimento ou, inversamente, as diferenças existentes tendem a se acentuar ao longo do tempo? Ou ainda, existe, de fato, alguma tendência *a priori*, ou a trajetória de crescimento dos diferentes países pode apresentar um caráter convergente em determinados períodos e divergente em outros ?

Para responder a essas questões, foram feitas várias tentativas no sentido de elaborar modelos formais para o crescimento econômico. Porém, o conjunto desses modelos não se enquadra sob um mesmo paradigma, o que é, em certa medida, revelado pelo próprio teor das questões colocadas. Sob o paradigma neoclássico do equilíbrio, chega-se à conclusão que as taxas de crescimento dos diversos países tenderiam naturalmente a uma certa uniformidade e procura-se

identificar, entre os elementos determinantes do crescimento, aqueles que seriam capazes de explicar a existência de países com taxas de crescimento tão diversas. Por outro lado, na visão evolucionista de não-equilíbrio¹, conclui-se que o sistema econômico, como um todo, possui diversas trajetórias de crescimento possíveis a partir de um mesmo ponto de partida. A evolução do sistema é, por sua própria natureza, plurideterminada. Os modelos correspondentes a essa visão tentam identificar as trajetórias de evolução do sistema, que podem ou não convergir, e os mecanismos através dos quais as decisões afetam, a cada momento, o contexto no qual elas são tomadas, fazendo com que as possíveis trajetórias não sejam determinadas *a priori*.

Entretanto, qualquer que seja o paradigma sob o qual se pretenda abordar as questões colocadas, a relação entre inovação tecnológica e crescimento econômico é reconhecida como crucial, bastando, para isso, admitir que avanços na tecnologia implicam em ganhos de produtividade. Como observou Schumpeter (1942) a “força propulsora” da inovação tecnológica se confunde com o próprio desenvolvimento do capitalismo. Torna-se, então, extremamente importante, para qualquer um que pretenda investigar a dinâmica de crescimento das economias capitalistas, explicar a ligação que existe entre mudança tecnológica e crescimento econômico.

Os primeiros modelos neoclássicos de crescimento econômico datam da década de 1960 e tiveram em Solow (1956) seu trabalho inaugural. Em comum tinham como resultado o fato de que eram fatores externos que determinavam a taxa de crescimento de longo prazo. Na sua versão simples, essa abordagem trabalha com uma função de produção agregada com dois fatores, capital (K) e trabalho (L), sujeitos a rendimentos decrescentes. Supõe-se, ainda, rendimentos constantes de escala. A função de produção agregada pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y = F(K, L)$$

Na ausência de qualquer outro determinante, o crescimento deveria obrigatoriamente cessar em algum momento devido à presença de rendimentos decrescente de cada um dos fatores. Neste quadro é impossível conceber-se um regime de crescimento equilibrado que não esteja limitado no longo prazo. Uma forma de contornar essa questão é supor o crescimento exógeno de um dos fatores. O fator considerado, neste caso, é o trabalho disponível que crescerá a uma taxa constante

¹ Nessa vertente a hipótese de equilíbrio estático como referencial teórico é abandonada em função de um outro referencial mais dinâmico, fundamentado nas assimetrias introduzidas pela inovação tecnológica no seu sentido mais amplo. Neste caso são elaborados modelos onde variáveis de comportamento (seja no nível da firma ou do mercado) e variáveis estruturais tem ação recíproca, gerando, portanto, trajetórias não de equilíbrio mas de mudança e transformação estrutural.

e exógena determinada pelo crescimento da população. Uma das previsões que poderiam ser feitas a partir desse tipo de modelo é que todos os países que tivessem o mesmo acesso à tecnologia apresentariam taxas de crescimento convergentes para um mesmo nível. Ora, empiricamente constata-se justamente o contrário.

Outra forma de obter o mesmo resultado, ou seja, um regime de crescimento equilibrado não limitado pelo caráter decrescente dos rendimentos dos fatores, é a introdução de uma variável exógena que permita o aumento da produtividade de um dos fatores de produção a longo prazo. Isto é possível tomando-se a variável exógena progresso técnico T . Escrever-se-ia a função de produção como:

$$Y = F(K, L, T)$$

Vale dizer, todavia, que existem algumas limitações do ponto de vista teórico nessa abordagem em termos de função de produção agregada. Em particular, a remuneração de cada fator de produção segundo sua produtividade marginal esgota totalmente o produto, fazendo com que não reste nada para remunerar o progresso técnico, considerado um bem público. O progresso técnico é considerado um bem público na teoria microeconômica e, portanto, não é razoável considerá-lo um fator de produção de modo análogo aos demais, uma vez que ele não é transacionável no mercado. Por outro lado, estudos sobre a mudança tecnológica não consideram o progresso técnico como uma variável exógena mas, ao contrário, tratam-no como um fator indissociável da evolução tanto da firma quanto do mercado.

Alguns fatores como o *capital humano*, o *conhecimento* e o *aprendizado* permitem contornar os problemas anteriormente colocados pois sua acumulação aumenta a produtividade dos fatores a longo prazo.

Arrow (1962) não foi o primeiro autor a considerar que o aprendizado tinha efeitos sobre a produtividade mas foi o primeiro a propor a elaboração de modelos formais de aprendizado, considerado como resultante da experiência. Para Arrow (1962), no decorrer da atividade produtiva, havia um aprendizado (*learning by doing*) que ocorria de forma involuntária e era responsável por um aumento da produtividade. Poderia também ser resultado de um esforço consciente de capacitação, por parte do agente econômico ou da firma (P&D) assim como de externalidades. A característica comum a qualquer um desses tipos de aprendizado é a aquisição

progressiva de um *know-how* específico. Conceitos semelhantes ao *learning by doing* foram desenvolvidos *a posteriori*, em particular os de *learning by using* (Rosenberg, 1982) e *learning by interacting* (Lundvall, 1988), entre outros.

A partir do trabalho de Arrow, vários autores passaram a incorporar o aprendizado como um fator de mudança tecnológica e acumulação de capital. Contudo, os efeitos positivos do aprendizado não se limitariam ao âmbito da firma. Através de um processo de *spillover*, outras firmas de uma mesma indústria, ou de outras indústrias que empregassem processos produtivos semelhantes, poderiam adquirir informações sem que tivessem que pagar por elas em transações de mercado, de forma que todos os agentes de uma economia, ao efetuar uma determinada atividade poderiam desfrutar de um conjunto bem maior de informações que não aquelas especificamente produzidas por elas.

No entanto, quando discutimos o aprendizado, uma importante questão que se coloca é a especificidade do conhecimento como bem econômico. Na realidade esta é uma questão ainda bastante controversa e são muitas as nuances que envolvem o problema. Apesar disso, podemos supor que ao privilegiarmos o aspecto público do conhecimento, e da sua aquisição através do aprendizado, em detrimento da sua dimensão de *excludability*, tendemos a enfatizar o caráter homogeneizador que o aprendizado pode assumir ao longo do processo produtivo. Se, inversamente, ressaltamos o fato de que o conhecimento pode possuir um elevado grau de *excludability*, o aprendizado passa a constituir um importante elemento diferenciador: podendo ter, inclusive, importantes consequências sobre a própria estrutura de mercado. Ressaltamos que a passagem de um enfoque para outro não aparece, na teoria, de forma tão nítida como descrito acima. Tais posições são delineadas apenas para que se possa ter uma visão mais clara das implicações de cada um dos enfoques.

Podemos identificar duas grandes vertentes no tratamento do problema. A primeira minimiza o caráter diferenciador do aprendizado, mantendo-se assim dentro do paradigma neoclássico do equilíbrio geral com todas as hipóteses simplificadoras que lhe são inerentes. Tais modelizações estão entre as chamadas de *teorias do crescimento endógeno* e essas são principalmente representadas pelos trabalhos de Lucas (1988) e Romer (1990). A segunda vertente, que reúne principalmente autores evolucionistas, procura se afastar do equilíbrio enquanto paradigma e argumenta que o conhecimento possui não apenas um certo grau de *excludability*

mas, igualmente, uma dimensão tácita. Os aspectos tácitos do conhecimento, introduzidos por Michael Polanyi (1966), são dificilmente transmissíveis, permanecendo, de certa forma, como uma habilidade específica da firma ou do agente econômico individual, constituindo, portanto, importante fonte de diferenciação entre os países (Dosi, 1988; Dosi, Fabiani, Aversi, Meacci, 1994).

Tendo feito todas essas considerações, o que vai nos interessar neste trabalho é investigar como o aprendizado é incorporado em modelos de crescimento econômico e como se pretende explicar, através destes modelos, as diferenças de performances dos países, no que se refere ao seu crescimento e desenvolvimento.

Sob o paradigma neoclássico do equilíbrio, estaremos interessados em desenvolvimentos mais recentes de forma a podermos obter um esboço do atual estado da teoria. Assim sendo, entre os modelos de crescimento endógeno escolhemos os de Lucas (1988) e Romer (1990).

Sob a ótica evolucionista, nos proporemos a abordar, então, o modelo de Dosi, Fabiani, Aversi, Meacci (1994) pois é um trabalho que se contrapõe claramente às *teorias do crescimento endógeno*. Discute também de que maneira os esforços de aprendizado no sentido da imitação e da inovação podem levar a convergências, divergências, *catching-up* ou *falling-behind* entre as nações.

Dito isto, este trabalho será organizado da seguinte forma: haverá um primeiro capítulo onde se discutirá a noção de aprendizado, introduzida por Arrow (1962). Neste capítulo discutiremos a especificidade do conhecimento, enquanto bem econômico, tanto para a abordagem neoclássica quanto para a evolucionista.

A seguir faremos um segundo capítulo onde apresentaremos a formulação e a solução de um problema de controle ótimo. Em seguida, faremos uma revisão crítica das teorias de crescimento ótimo. Procuraremos enfatizar as principais implicações e limitações destas teorias, procurando com isto, estabelecer os elementos que motivaram os trabalhos desenvolvidos na década de 80.

Tal procedimento nos permitirá introduzir o terceiro capítulo, que tratará, especificamente, das teorias de crescimento endógeno através dos modelos de Lucas (1988) e Romer (1990).

No quarto capítulo, veremos como se opera a endogeneização do aprendizado nos modelos evolucionistas e, igualmente, qual a sua contribuição para a explicação do crescimento econômico.

Discutiremos também quais as principais questões que são levantadas por esta abordagem e os avanços feitos no sentido de respondê-las.

Por último, faremos um capítulo final no qual ressaltaremos as principais conclusões às quais chegamos no que diz respeito à forma como o aprendizado é incorporado pelos modelos estudados. Além disso, tentaremos identificar as características mais marcantes e inovadoras de cada modelo., procurando discutir qual a sua colaboração para a teoria do crescimento econômico.

CAPÍTULO 1

DUAS VISÕES DO CONHECIMENTO E DO APRENDIZADO

Introdução

O objetivo do presente capítulo é analisar como o aprendizado é introduzido tanto pela corrente neoclássica quanto pela corrente evolucionista.

O aprendizado pode ser definido, genericamente, como uma forma de aquisição de conhecimento. Por consequência, o modo como cada uma das vertentes vai incorporá-lo dependerá intrinsecamente da forma como elas vêem o conhecimento.

Temos, basicamente, três tipos de aprendizado: a) o aprendizado resultante de um esforço consciente de capacitação por parte dos agentes como é o caso de P&D feito no interior das firmas, que denominaremos “formal”; b) o que é um subproduto involuntário do próprio processo produtivo como é o caso do aprendizado adquirido ao se repetir diversas vezes uma mesma operação, que chamaremos “informal”; e, finalmente, c) o aprendizado obtido através de externalidades, seja sob a forma de conhecimentos genéricos ou específicos. Neste capítulo centraremos nossa atenção no aprendizado informal pois é este tipo de aprendizado que nos interessará quando formos analisar os modelos de crescimento no segundo e terceiro capítulos.

Com base nestas considerações, este capítulo será organizado da seguinte maneira: começaremos discutindo a especificidade do conhecimento enquanto bem econômico e, a seguir, veremos como surge o conceito de aprendizado informal em cada uma das abordagens.

1) A especificidade do conhecimento enquanto um bem econômico

A abordagem neo-clássica não considera que existam diferenças entre conhecimento e informação, de forma que o que trataremos aqui como conhecimento pode ser referido, por alguns autores desta corrente, como informação. Já para a abordagem evolucionista existe uma importante distinção entre estes dois conceitos. A informação é uma categoria mais elementar e restrita do conhecimento, uma proposição codificada. O conhecimento, por sua vez, se constitui não somente de um conjunto de informações mas também da capacidade cognitiva dos agentes de decifrá-las e interpretá-las¹, assim como de suas habilidades específicas e tácitas para solucionar problemas a partir delas. Todavia, qualquer que seja a abordagem, o conhecimento é considerado como tendo características de bem público.

Todo bem econômico possui dois atributos básicos: seu grau de rivalidade e seu grau de exclusividade. Um bem público é definido como um bem não-*excludable* e não-rival (Romer, 1990). Um bem não-rival é aquele cuja utilização por um agente não elimina, ou sequer restringe, a possibilidade deste bem ser utilizado por um número ilimitado de outros agentes. No caso do conhecimento esta característica é facilmente identificável: o fato de um agente ceder a um outro uma parcela, ou mesmo a totalidade, do conhecimento que possui, não reduz a quantidade total de conhecimento da qual dispunha inicialmente. Dito de outra forma, uma mesma informação pode ser utilizada repetidas vezes por tantas pessoas quantas o queiram, em qualquer escala de produção e, mais que isto, sem que se incorra em qualquer custo adicional. O conhecimento é, portanto, reconhecido como um bem não rival, independentemente da vertente que consideremos. Isto possui uma importante implicação: o conhecimento pode ser acumulado sem que haja limites à sua acumulação (Dasgupta & Stoneman, 1987).

O segundo atributo de um bem público, a não-exclusividade, pode ser explicada da seguinte forma: um bem não-*excludable* é aquele cujo detentor não pode restringir o seu uso por outros agentes. Isto quer dizer que ele não pode constituir propriedade privada de um agente e que,

¹ É importante observar ainda que existe uma diversidade cognitiva entre os agentes, que faz com que estes, muitas vezes, interpretem uma mesma informação de forma diferenciada.

portanto, não pode ser oferecido por um agente privado no mercado: em suma, não pode ser comercializável³.

Bens econômicos convencionais, e, em particular, fatores de produção como capital e trabalho, são, ao mesmo tempo, rivais e *excludables*. A utilização de uma unidade específica de capital ou trabalho, por um determinado agente, impede que outro agente a utilize. Por outro lado, o detentor tanto do capital como da força de trabalho tem como impedir os demais agentes de utilizá-los, na medida em que ambos são passíveis de apropriação privada e, porque o são, podem ser objeto de transação no mercado competitivo.

O conhecimento, se tratado como um bem público, deveria, então, se encontrar à livre disposição daquele que quisesse utilizá-lo. Uma das implicações desta proposição é que, à parte qualquer intervenção governamental neste sentido, haveria uma subprodução de conhecimento, uma vez que os agentes privados não teriam interesse em produzi-lo, já que não poderiam se apropriar nem do conhecimento produzido, nem dos ganhos resultantes da sua aplicação. Daí resulta que alguns autores defendam o fornecimento público do conhecimento “novo”. A qualificação de “novo” é importante para que não se confunda conhecimento com educação, cujo fornecimento público não está sendo discutido aqui. O conhecimento “novo” pode ser oferecido através de um engajamento direto por parte do governo na sua produção, como no caso de financiamento à pesquisa básica em universidades e centros de pesquisa, ou através de subsídios concedidos ao setor privado para que este se sinta estimulado a fazê-lo. Todavia, o desenvolvimento desta questão escapa aos objetivos deste capítulo.

O fato é que, na realidade, o conhecimento nem é totalmente apropriável, nem se encontra inteiramente à disposição dos agentes sem que estes tenham que incorrer em algum tipo de custo para adquiri-lo. Dito de outra forma, o conhecimento é parcialmente *excludable*, possuindo, assim, algum grau de apropriabilidade.

Desenvolvendo um pouco mais esta idéia, o conhecimento não é totalmente público por várias razões. A primeira diz respeito à capacidade limitada dos agentes para decodificar e processar um conjunto muito grande de informações codificadas; tal idéia é conhecida como a hipótese da racionalidade restrita e é sobre ela que trabalha a corrente neoclássica. Outras

³ Veremos que um bem público pode ser produzido privadamente, mas não pode ser apropriado pelo produtor, de forma que não pode ser oferecido por ele.

limitações, desenvolvidas pela abordagem evolucionista, se referem à diversidade cognitiva dos agentes, ou seja, sua interpretação diferenciada de uma mesma realidade e à própria limitação que existe na codificação do conhecimento, ou seja, ao fato que este possui uma dimensão tácita que sequer é codificável (Possas, 1994). A importância da dimensão tácita não se esgota, contudo, no fato de um dado conhecimento não poder ser inteiramente codificável; a acumulação de conhecimento ao longo do tempo, ou seja, o aprendizado também possui um caráter tácito. De fato, para se adquirir um determinado conhecimento, é necessário que já se tenha acumulado previamente um conjunto afim de conhecimentos mais elementares. O aprendizado é, portanto, um processo cumulativo baseado na experiência particular de cada agente envolvido.

Chegamos, dessa maneira, às duas características gerais do conhecimento que são mais relevantes para a teoria do crescimento econômico, quais sejam : a) seu crescimento é ilimitado e b) sua apropriabilidade é incompleta ou parcial, ou seja, o conhecimento não pode ser totalmente reduzido a um bem público.

Vejamos agora como estas duas características aparecem primeiro na abordagem neoclássica e, em seguida, na abordagem evolucionista.

1.1) O conhecimento como um bem público: a abordagem neoclássica

Existe um consenso quanto ao fato de que o progresso técnico, ou mudança tecnológica, é uma variável chave do crescimento econômico, uma vez que proporciona incentivos contínuos para a acumulação de capital. Juntos, acumulação de capital e progresso técnico explicam, em grande parte, o crescimento econômico, compreendido aqui como o crescimento do produto per capita.

Autores da vertente neoclássica trabalham com uma função de produção agregada. Considerando o conhecimento como um fator de produção, entre outros, poderíamos escrever a função de produção agregada como $F(A, X)$, onde X é um fator, ou conjunto de fatores, rival e A um fator não-rival, como o conhecimento, por exemplo (Romer, 1990).

Assumimos que o fator de produção do tipo X possui rendimentos de escala constantes, o que equivale a dizer que: $F(A, \lambda X) = \lambda F(A, X)$.

Uma primeira consideração que pode ser feita sobre um fator de produção do tipo A é que sua utilização por um agente a mais não implica em nenhum custo adicional; A pode efetivamente ser utilizado por um número muito maior de pessoas do que aquelas diretamente envolvidas na sua produção. Uma implicação disto é que a utilização de A como fator de produção acarreta um nível de produção muito mais elevado do que o esperado caso A fosse um fator como qualquer outro. Dito de outra forma, A possui rendimentos crescentes de escala. Poderíamos escrever isto como: $F(\lambda A, \lambda X) > \lambda F(A, X)$.

Por outro lado, justamente por A ser um fator cujo custo marginal é nulo, em equilíbrio, sua remuneração no mercado de fatores deve ser igual a zero. Uma implicação importante disto é que o produto resultante deveria ser esgotado na remuneração dos fatores do tipo X . Explicitando, temos:

$$F(A, X) = X \cdot \frac{\partial F(A, X)}{\partial X} \quad (1.1)$$

Assim sendo, sob as hipóteses de que cada fator é remunerado segundo sua produtividade marginal e que ambos são fornecidos pelo setor privado, o produtor que utilizasse esses dois tipos de fatores incorreria em perdas uma vez que o produto seria insuficiente para remunerar um dos fatores. Poderíamos expressar esta idéia da seguinte forma:

$$F(A, X) < A \cdot \frac{\partial F(A, X)}{\partial A} + X \cdot \frac{\partial F(A, X)}{\partial X} \quad (1.2)$$

O problema colocado por tais considerações é que o uso de um fator de produção não-rival implica numa imperfeição dos mecanismos de mercado de estabelecer o mútuo equilíbrio no mercado de fatores e do produto.

Várias tentativas foram feitas no sentido de evitar este problema. Em particular, Solow (1956) considerou A como um bem público fornecido exogenamente. Desta forma, A não era remunerado de forma alguma, mas cada firma individual poderia explorar economicamente todo o estoque de A disponível. Esta abordagem considera o progresso técnico como sendo exógeno.

Uma tentativa de endogeneizar o progresso técnico é feita, justamente, através da introdução do conceito de aprendizado, que é o foco da nossa atenção neste capítulo. A princípio poderíamos ter introduzido diretamente o conceito de aprendizado, porém consideramos que para compreender o papel que ele desempenha, nesta abordagem, é importante conhecer o contexto no qual ele surge. Mais que isto, conhecendo este contexto é possível perceber com clareza que, para autores da vertente neoclássica, o aprendizado aparece inserido num quadro de equilíbrio geral onde vigora a hipótese de uma racionalidade maximizadora, diferentemente do que vai ocorrer na abordagem evolucionista, como veremos.

Arrow (1962) assume que o conhecimento é crescente no tempo e que sua acumulação não tem limites. É importante perceber que esta é uma das características gerais às quais chegamos anteriormente. Todavia, o conhecimento tem que ser adquirido; e é esta aquisição genérica de conhecimento que Arrow vai definir como aprendizado.

A partir desta definição, algumas generalizações são feitas quanto aos processos de aprendizado. A primeira delas é que o aprendizado é considerado como sendo produto da experiência, na medida em que ele só pode ocorrer através da tentativa de resolver problemas específicos que, por sua vez, só surgem durante uma atividade específica. A segunda é que o aprendizado está associado, em alto grau, à repetição de uma determinada atividade.

A seguir, neste mesmo artigo, Arrow desenvolve um modelo de crescimento econômico. A análise do modelo em si não é um dos objetivos deste trabalho. O importante é saber que nele Arrow assume que um aumento da produção, por exemplo, implica num aumento equiproporcional, e não intencional do conhecimento, através de um tipo específico de aprendizado informal designado por ele como *learning by doing*.

Esta formulação permite que a acumulação de um bem não-rival, como o conhecimento, tenha um caráter endógeno. Todavia, o conhecimento continua sendo tratado como um bem público, na medida em que existe uma rígida proporcionalidade entre conhecimento e capital físico agregado, ou entre conhecimento e educação, que é considerada como uma faceta da tecnologia, dada exogenamente.

Em resumo, o conhecimento continua sendo tratado como um bem público, como o era por Solow, mas um bem público que pode ser produzido pelo setor privado, de forma involuntária

através do *learning by doing*⁴. Todavia, ele não pode ser apropriado pelo setor privado pois, uma vez produzido, o conhecimento está à disposição de quem queira utilizá-lo, ou seja, ele “transborda” inteiramente para o conjunto da economia. É o que chamamos de *spillover* completo.

Poder-se-ia perguntar, então, qual seria a implicação de se considerar um certo grau de exclusividade do conhecimento ou, em outras palavras, de se considerar que o *spillover* não é total. Esta possibilidade é discutida, num contexto neoclássico de equilíbrio geral e racionalidade maximizadora, por Dasgupta & Stiglitz (1988). O que estes autores mostram, basicamente, é que, a menos que o *spillover* seja completo e instantâneo, os efeitos cumulativos do aprendizado levam, naturalmente, à conformação de uma estrutura de mercado concentrada e, no limite, ao monopólio. Esta estrutura limite, o monopólio, seria menos desejável, do ponto de vista social, do que a concorrência perfeita mas, ainda assim, melhor do que uma estrutura oligopólica. O objetivo destes autores é discutir a eficiência das leis anti-trustes no que tange ao bem estar social mas isto escapa às metas às quais se propõe este trabalho. O nosso interesse em discutir este ponto é apenas observar um tipo de implicação de se considerar o conhecimento como um bem possuidor de um certo grau de exclusividade.

Outras tentativas foram feitas no sentido de endogenizar o progresso técnico em modelos de crescimento. Ao conjunto destes trabalhos damos o nome de *Modelos de Crescimento Endógeno*.

Finalmente, sintetizando as principais conclusões sobre como o conhecimento é visto pela abordagem neoclássica, temos:

i) o conhecimento é um conjunto de informações. De forma relativamente unânime ele é considerado também um bem não-rival. No que diz respeito ao seu grau de exclusividade, existem autores que o consideram não-*excludable* e outros que discutem a possibilidade de considerá-lo parcialmente *excludable*. No primeiro caso, o conhecimento é simplesmente tomado como um bem público. No segundo caso, a tendência é minimizar a importância do conhecimento ter um caráter *excludable* em detrimento da sua capacidade de *spillover* para o conjunto da economia, tornando-o, desta forma um elemento homogeneizador.

⁴ Nesta abordagem, está eliminada a possibilidade do conhecimento ser produzido intencionalmente, através de investimentos diretos em P&D, por exemplo

ii) o aprendizado, enquanto forma de aquisição de conhecimento, aparece como um subproduto involuntário da produção de um bem convencional e apresenta um caráter cumulativo.

iii) o conhecimento acumulado e o progresso técnico dele resultante são gerados endógenamente, circunscritos ao movimento de acumulação de capital. Para Arrow é o aprendizado que permite esta endogeneidade.

Retomaremos estas conclusões quando tratarmos os modelos de crescimento endógeno de inspiração neoclássica. Passemos agora à abordagem do conhecimento pela vertente evolucionista.

1.2) O conhecimento como um ativo específico: a abordagem evolucionista

Antes de mais nada é importante qualificarmos melhor o que chamamos de abordagem evolucionista. Isto não foi necessário quando discutimos a escola neoclássica porque tratava-se, então, da corrente de pensamento hegemônico onde existe uma certa homogeneidade entre os autores. Todavia, quando se trata do conjunto de abordagens heterodoxas o consenso entre os autores é muito menor sendo, portanto, muito mais difícil limitar os pressupostos básicos de uma corrente.

A abordagem dita *evolucionista* teve o seu início na obra de Nelson & Winter (1982) e se insere naquilo que chamamos de vertente neoschumpeteriana.

A vertente neoschumpeteriana é formada por um conjunto relativamente amplo e disperso de autores que possui, em última instância, a mesma base teórica: a obra de Schumpeter sobre o papel essencial da inovação, sua criação e difusão, para a dinâmica capitalista (Schumpeter, 1942). A idéia central do trabalho de Schumpeter é tão abrangente que, efetivamente, deu margem aos desdobramentos mais diversos. Restringiremos o campo de análise desta seção apenas aos elementos que julgarmos mais essenciais no sentido de qualificar o conhecimento para a corrente neoschumpeteriana. Estes elementos foram desenvolvidos principalmente por autores evolucionistas.

Tendo-se fixado este objetivo, a primeira importante distinção que é feita por estes autores diz respeito às diferenças que existem entre conhecimento e informação. Dosi (1995) define a informação como um conjunto de proposições codificadas e enunciadas. Tais proposições podem

se referir a estados específicos do ambiente como, por exemplo: “está chovendo”; à propriedades da natureza, relações causais; ou ainda, podem ser algoritmos explícitos de como desempenhar uma determinada tarefa. O conhecimento, por sua vez, é uma noção muito mais ampla.

De fato, a simples posse de um determinado conjunto de informações não garante ao seu possuidor a capacitação necessária para utilizá-la; para tal é preciso que o indivíduo em questão tenha o *conhecimento* adequado. Vejamos um exemplo: diante da demonstração de um teorema matemático ou de uma partitura musical, existe um número limitado de indivíduos que é efetivamente capaz de compreendê-las e, eventualmente, reproduzi-las ou executá-las. Existe, portanto, uma ampla diferença entre ter acesso a uma informação e ser capaz de processá-la convenientemente.

O conhecimento possui também uma dimensão tácita (Polanyi, 1966). Dito de outra forma, existem conhecimentos que não são completamente transmissíveis ou sequer codificáveis, permanecendo circunscritos ao universo do agente que o utiliza, seja este agente individual ou coletivo⁵. Este tipo de conhecimento só pode ser adquirido através da experiência. Além disso, o conhecimento pode apresentar o que chamamos de diversidade cognitiva, ou seja, diferentes indivíduos podem interpretar o mesmo conjunto de informações de forma distinta.

Feitas estas considerações parece claro que o conhecimento não pode ser restrito ao seu conteúdo informacional mas deve abranger um conjunto muito mais amplo de capacitações específicas por parte dos agentes. Mesmo assim, a transmissão do conhecimento muitas vezes está limitada pelo seu caráter tácito e pela diversidade cognitiva dos agentes.

Através deste raciocínio é lógico supor que o conhecimento, mesmo que distribuído de forma relativamente uniforme na sociedade, vai se apresentar, para esta vertente, como um elemento diferenciador entre os agentes econômicos. Para compreender melhor este argumento é necessário explorar uma outra propriedade essencial.

O conhecimento possui o que costuma-se chamar de dependência do caminho adotado (*path dependence*) (Dosi, Teece & Winter, 1992). A aquisição de uma certa gama de conhecimentos implica na opção por um determinado caminho e pelo abandono de outros. A trajetória seguida no processo de aprendizado não é, portanto, de forma alguma aleatória; muito

⁵ É importante perceber que o conhecimento não se acumula somente em agentes individuais, mas também em agentes coletivos como organizações e instituições, em geral. Este fato terá implicações importantes para a teoria da firma; em particular para a teoria dos custos de transação.

pelo contrário, a história passada da firma condiciona sua trajetória futura de forma que, uma vez dados os primeiros passos numa determinada direção, a mudança de trajetória implica necessariamente em custos adicionais. Mais que isto, a mudança de trajetória implica também em perda dos ativos estratégicos da firma: o conhecimento, neste caso.

O conhecimento é um ativo que, quanto mais é utilizado, mais cresce, se acumula e se sedimenta. Inversamente, quanto menos é utilizado maior é o risco de que caia no esquecimento. Assim sendo, como dizíamos anteriormente, uma mudança de trajetória faz com que certos conhecimentos não sejam mais utilizados; sendo, desta forma, perdidos (Dasgupta & Stoneman, 1987).

Concluindo, devido à existência desta dependência do caminho adotado, torna-se relativamente difícil passar de uma trajetória para outra, ou seja, há uma certa irreversibilidade associada à trajetória seguida pela firma.

Retomemos o nosso exemplo anterior para que esta idéia fique mais clara: para se compreender um teorema matemático é necessário que se tenha adquirido, previamente, noções mínimas de álgebra, análise, geometria ou trigonometria dependendo de qual seja o teorema em questão. Ou ainda, é impossível a leitura de uma partitura musical para um indivíduo que não conheça notação musical.

Através do exemplo dado é possível captar uma outra idéia básica: o conhecimento é cumulativo. Efetivamente, o agente que acumula conhecimentos na área de matemática se torna cada vez mais apto a resolver problemas nesta área e não em outra. De forma mais genérica, o acúmulo de conhecimento ao longo de uma determinada trajetória potencializa crescentemente a aquisição de conhecimentos subsequentes.

A principal consequência que se segue é que, naturalmente, diferentes conhecimentos tenderão a se acumular em diferentes agentes, sejam estes indivíduos, firmas ou, até mesmo, países. Esta *localidade* do conhecimento somada à sua cumulatividade é que vai constituir um elemento essencial para a criação de assimetrias entre os agentes. Em outras palavras, uma vez que um agente tenha se diferenciado de outro por possuir um conhecimento específico, a tendência é que esta diferença se aprofunde e que se torne cada vez mais difícil para cada um deles adotar a trajetória do outro.

Vejamos, agora, como o aprendizado não somente cria, mas aprofunda tais diferenças.

Como foi dito anteriormente, existe uma gama de conhecimentos que só podem ser adquiridos através da experiência. São principalmente estes conhecimentos que, devido ao seu maior conteúdo tácito, estão sujeitos a mecanismos informais de aprendizado. A importância do aprendizado informal reside, portanto, na especificidade do conhecimento envolvido, i.e., no seu caráter intangível. Se somarmos a isto o fato deste conhecimento ser cumulativo, o próprio aprendizado reforça o caráter *excludable* do conhecimento, na medida em que aumenta o *gap* de conhecimento entre aquele que aprende e os demais agentes, aumentando, com isso, a dificuldade de imitação por parte dos últimos. Desta forma são criadas oportunidades para que determinados agentes se apropriem privadamente dos ganhos econômicos advindos da aplicação de um conhecimento específico que só eles possuem e os demais não conseguem imitar.

Neste sentido é que dizemos que um determinado conhecimento possui um maior grau de apropriabilidade quanto maior for a dificuldade de imitação por parte dos agentes. Por outro lado, onde existe dificuldade de imitação, devido ao caráter tácito do conhecimento, o mecanismo de aprendizado mais adequado é aquele que se dá no universo de experiências particulares dos agentes econômicos de forma mais ou menos involuntária. Assim, podemos concluir que o aprendizado do tipo informal configura um mecanismo de apropriabilidade em si, criando e aprofundando assimetrias entre os agentes econômicos, sejam estes individuais ou não.

Observemos que, em relação à abordagem neoclássica, opera-se uma verdadeira ruptura: aqui não somente a especificidade do conhecimento faz com ele seja apropriável como o mecanismo de aprendizado informal reforça o seu grau de exclusividade⁶.

Ao fim do raciocínio que acabamos de desenvolver podemos perceber como a natureza particular do conhecimento como bem econômico, visto de fora do paradigma do equilíbrio geral, pode levar a criação de assimetrias ao longo do processo produtivo; assimetrias estas que tendem a se aprofundar ao longo do tempo graças ao caráter relativamente *excludable* do conhecimento, aspecto até certo ponto desconsiderado pela abordagem neoclássica.

Para finalizar, é necessário, ainda, ressaltar que esta discussão em particular se dá no bojo de uma análise muito mais ampla referida no início desta seção, qual seja: a questão da criação e

⁶ É importante fazer uma pequena ressalva: todas as considerações que estão sendo tecidas são feitas de modo muito genérico. Existem, todavia, determinados setores onde os mecanismos de apropriabilidade mais importantes são outros que não a curva de aprendizado. Uma análise setorial realizada por Pavitt (1984) com o objetivo de criar uma taxonomia de mercados segundo sua bases tecnológicas demonstra bem tal fato.

difusão de inovações como elemento dinamizador do modo de produção capitalista, desenvolvida inicialmente por Schumpeter.

Contudo, consideramos importante chamar a atenção para o fato que já foi enunciado no início desta seção: o corpo do pensamento desta vertente não somente não se restringe aos aspectos aqui delineados como também estes aspectos nem mesmo configuram o núcleo da sua análise. Este núcleo é dado pela inovação, sua criação e difusão; suas relações com a estrutura de mercado e suas implicações para a dinâmica de concorrência inter-capitalista.

Evidentemente, como o conhecimento e suas formas de aprendizado são elementos essenciais para o processo inovativo, é possível estabelecer uma ligação mais estreita entre conhecimento e estrutura de mercado e entre conhecimento e dinâmica de concorrência inter-capitalista. É neste contexto que Dosi (1995) ressalta a importância de que sejam incorporados em modelos macroeconômicos de crescimento elementos como processos de informação, mecanismos de aprendizado e variáveis institucionais, entre outros.

2) Conclusão

As principais conclusões às quais chegamos neste capítulo podem ser enunciadas, sucintamente, da seguinte forma:

a) para a vertente neoclássica, o conhecimento possui características de um bem público. No contexto de equilíbrio geral, o aprendizado informal adquirido de modo involuntário surge como uma forma de contornar a questão da exclusividade do conhecimento. Assim, o aprendizado configura um elemento homogeneizador na medida em que impede que tanto o conhecimento como os ganhos resultantes da sua aplicação sejam apropriados privadamente.

b) A vertente evolucionista considera que o conhecimento não apenas possui um certo grau de exclusividade como também introduz o aprendizado como mecanismo de criação e aprofundamento das assimetrias geradas pelo uso exclusivo de um conhecimento específico por um número limitado de agentes. Desta forma, o aprendizado constitui um elemento diferenciador dos agentes econômicos.

Podemos, então, concluir que *a distinção fundamental que se faz entre informação e conhecimento tem importantes implicações para o papel que o aprendizado desempenha tanto na teoria neoclássica quanto na teoria evolucionista.*

Como já foi referido, ao longo da década de 80, foram elaborados vários modelos de crescimento econômico que tentavam endogeneizar o progresso técnico. São modelos de inspiração neoclássica que se encontram, portanto, sob o paradigma do equilíbrio geral e da racionalidade maximizadora. Um objetivo relativamente genérico destes modelos era encontrar um fator explicativo para as diferenças das taxas de crescimento no mundo. Uma característica também relativamente genérica é que estes modelos consideram o conhecimento como um fator de produção.

No segundo capítulo deste trabalho escolhemos alguns destes modelos que consideramos mais representativos. Pretendemos identificar quais são as hipóteses feitas sobre o conhecimento, de que forma ele é incorporado por estes modelos e quais as implicações que tais hipóteses tem *vis-à-vis* as conclusões às quais os autores chegam. Observaremos também qual o alcance destas conclusões, até que ponto elas podem ser comprovadas por dados empíricos e quais as explicações dadas pelos autores caso isto não se verifique.

CAPÍTULO 2

MODELOS DE CRESCIMENTO ÓTIMO

Introdução

A partir de meados da década de 50, com a publicação dos trabalhos de Harrod-Domar, lança-se o desafio para que se construa uma *teoria do crescimento econômico* dentro do paradigma neoclássico do equilíbrio geral. Como foi dito anteriormente, deu-se o nome de *modelos de crescimento endógeno* a um conjunto de modelos que objetivavam endogeneizar o progresso técnico em modelos de crescimento econômico. Tais tentativas fazem parte, contudo, de um objetivo maior e mais ambicioso, qual seja: o de construir uma teoria do crescimento econômico capaz de explicar as persistentes diferenças dos níveis e das taxas de crescimento, conforme se observa na realidade.

O trabalho inaugural nesta direção foi elaborado por Solow (1956). O modelo de Solow é um modelo unissetorial que considera uma economia fechada em regime de concorrência perfeita onde vigora uma racionalidade maximizadora. Ele surge em contraposição aos trabalhos de Harrod-Domar, cuja função consumo possuía fundamentos que eram claramente keynesianos. Não estava presente no modelo de Solow nenhuma discussão sobre política econômica.

Os chamados *modelos de crescimento ótimo*, desenvolvidos *a posteriori*, introduzem, de certa forma, a discussão sobre política econômica, na medida em que se baseiam em processos dinâmicos de tomada de decisão, onde decisões tomadas num determinado momento influenciam as decisões a serem tomadas no futuro. Em economia, tais decisões dizem quase sempre respeito à alocação de recursos ao longo de um horizonte de planejamento que pode ser considerado finito ou infinito. Dentre as várias formulações presentes na literatura, podemos destacar os modelos desenvolvidos por Ramsey (1928), Koopmans (1966) e Cass (1965).

Todavia, os modelos referidos acima eram insuficientes no sentido de explicar a origem do progresso técnico. É neste sentido que, nos anos 80, são elaboradas as principais críticas ao arcabouço teórico existente. Entre os vários autores que questionam a exogeneidade do progresso técnico e propõem uma “nova” teoria do crescimento económico onde se incorporam explicitamente fatores de mudança tecnológica, o aprendizado em particular, destacamos os trabalhos de Lucas (1988) e Romer (1986, 1990)⁷.

Como o formalismo matemático presente tanto no modelo de Lucas como no de Romer é essencialmente o mesmo utilizado nos modelos de crescimento ótimo, este capítulo tem por objetivo familiarizar o leitor com o tipo de problema colocado por estas teorias.

Este capítulo estará, portanto, organizado da seguinte forma: haverá uma primeira seção onde se discutirá o tipo de problema colocado, a formulação deste problema assim como a sua solução. Numa segunda seção, faremos uma revisão crítica das teorias de crescimento ótimo. Procuraremos enfatizar as principais implicações e limitações destas teorias, procurando com isto, estabelecer os elementos que motivaram os trabalhos desenvolvidos na década de 80. Tal procedimento nos permitirá fazer a “ponte” para o terceiro capítulo, que tratará, especificamente, das teorias de crescimento endógeno através dos modelos de Lucas e Romer⁸.

1) Alocação de recursos ao longo do tempo : Teoria do Controle Ótimo

Em estática comparativa, a racionalidade do agente económico consiste em maximizar uma determinada função dadas as restrições que lhe são impostas naquele momento específico. Dito de outra forma, o agente maximiza a sua utilidade de forma que este ponto de máximo corresponda a uma alocação ótima dos recursos disponíveis, a cada instante do tempo. Em alguns casos, é uma aproximação razoável extrapolar este resultado “instantâneo” para um intervalo de tempo finito (o que seria equivalente a aproximar uma função discreta por uma função contínua).

Este tipo de abordagem introduz, contudo, dois problemas: por um lado não se tem nenhuma informação sobre como se passa de um determinado ponto de máximo para outro e, por

⁷ A partir de agora, sempre que nos referirmos a Lucas ou Romer suporemos os artigos mencionados. Quando este não for o caso, faremos referência específica.

⁸ Evidentemente, o leitor que já estiver familiarizado com a Teoria do Controle Ótimo e com modelos de crescimento ótimo pode ignorar esta revisão e passar diretamente ao modelo de Lucas.

outro lado, uma decisão tomada no presente não tem nenhuma influência sobre as decisões a serem tomadas no futuro.

Ora, ao longo de um horizonte de planejamento, a alocação ótima de recursos a cada instante não necessariamente coincide com a alocação ótima para todo o intervalo de tempo considerado. Mais que isto, muitas vezes a solução "instantânea" pode acarretar um esgotamento antecipado dos recursos disponíveis, o que pode, por sua vez, ser desastroso *vis-à-vis* do planejamento do agente. Neste caso, a variável que interessa controlar não é a quantidade do recurso disponível dada uma taxa inicial de utilização que será mantida fixa ao longo do tempo: mas sim, a evolução desta taxa ao longo do tempo. Tal tipo de decisão é inerentemente *dinâmica* pois toda a trajetória futura depende das decisões tomadas no presente.

Problemas de natureza dinâmica são formulados de maneira bastante diferente de problemas de estática comparativa. Em modelos dinâmicos de maximização, a "solução" consiste não simplesmente em encontrar o ponto de máximo de uma dada função; mas sim, em encontrar uma função que controle as variáveis econômicas de forma que a evolução temporal destas últimas resulte numa alocação ótima dos recursos ao longo de todo o horizonte de planejamento. Assim, o que se obtém é uma *trajetória ótima* e não apenas um ponto de máximo.

O instrumental matemático adequado para o tratamento deste tipo de problema é conhecido como *teoria do controle ótimo* e foi desenvolvido na década de 50 pelo matemático russo Pontryagin⁹.

1.1) A formulação de um problema de controle ótimo em economia

Consideraremos, por razões de simplicidade, um recurso renovável $x(t)$. Suponhamos que $x(t)$ cresça a uma taxa dada, $G(x(t))$ ¹⁰ e que a sua taxa de utilização seja dada por $u(t)$. Se $x(t)$ tiver um preço constante p , a receita advinda da sua utilização será dada por $p \cdot u(t)$, enquanto que seu

⁹ A primeira solução sistemática deste tipo de problema foi desenvolvida por Euler e Lagrange no século XVIII. Na sua forma original, este tipo de solução ficou conhecida como cálculo de variações. A teoria desenvolvida por Pontryagin é uma generalização do cálculo de variações. Para maiores esclarecimentos ver Silberberg (1981)

¹⁰ Para tornarmos o raciocínio menos abstrato, talvez seja interessante supor que $x(t)$ seja, por exemplo, o estoque de peixes num lago. Este é um exemplo clássico. Os peixes são um recurso renovável, cuja taxa de crescimento depende diretamente da população de peixes existente no lago.

custo poderá ser escrito como $C(x(t), u(t))$. O lucro obtido a partir da utilização de $x(t)$ pode, então, ser escrito da seguinte forma:

$$f(x(t), u(t), t) = p \cdot u(t) - C(x(t), u(t)) \quad (2.1)$$

É importante observar aqui, que o lucro realizado não depende unicamente da quantidade disponível de $x(t)$ mas também da forma como utilizamos este recurso ao longo do tempo. Se a sua taxa de utilização for, por exemplo, mais elevada do que sua taxa de crescimento, o recurso se esgotará ao final de um determinado período. Se, por outro lado, sua taxa de utilização for inferior a sua taxa de crescimento, este mesmo recurso se encontrará à disposição em quantidades cada vez maiores. Uma situação não é necessariamente mais desejável do que a outra. A adequação vai depender, basicamente, de dois fatores: do horizonte de planeamento de utilização do recurso e da escala de produção, ou seja, por quanto tempo pretende-se utilizar o recurso e em que quantidade.

Todavia, o problema que se coloca normalmente é: dada uma escala de produção e um horizonte de planeamento fixos, de que forma deve-se utilizar $x(t)$ para que se possa obter o maior lucro possível?

Desta forma, parece claro que a variável que o agente tem capacidade de controlar é a taxa de utilização do recurso, no caso $u(t)$. Por tal razão, $u(t)$ é chamada *variável de controle*. A variável $x(t)$, por sua vez, é chamada de *variável de estado*.

A função que se quer maximizar é, portanto, $f(x(t), u(t), t)$ ao longo de todo o horizonte de planeamento $[t_2, t_1]$, sobre todos os controles possíveis $u(t)$. Os possíveis valores da variável de controle devem ser especificados: necessariamente $u(t) \geq 0$ e, por razões técnicas, $u(t) \leq u_m$. Diremos que o conjunto de valores possíveis que $u(t)$ pode assumir é $A = \{u(t) \mid 0 \leq u(t) \leq u_m\}$.

Desta forma, a solução do nosso problema seria dada por uma função $u(t)$ tal que o valor da integral de f , no intervalo $[t_2, t_1]$ seja máximo. Formalmente, podemos escrever tal idéia da seguinte maneira:

$$\max_{u(t) \in A} \int_{t_2}^{t_1} [p \cdot u(t) - C(u(t), x(t))] dt \quad (2.2)$$

A integral acima é conhecida como *funcional* pois é uma função de várias funções.

Até aqui não levamos em consideração que a quantidade de $x(t)$ disponível varia no tempo, tanto em função da sua taxa de utilização $u(t)$ quanto da sua taxa de crescimento $G(x(t))$. Na verdade, a evolução temporal de $x(t)$ é dada pela seguinte relação:

$$x'(t) = G(x(t)) - u(t) \quad (2.3)$$

Esta equação nos dá a restrição temporal imposta pela quantidade disponível de $x(t)$ ao longo do nosso horizonte de planejamento. Em outras palavras, ao maximizarmos (2.2) temos que levar em consideração o *estado* do nosso estoque de $x(t)$ a cada instante t . A equação (2.2) recebe o nome de *equação de estado*.

Neste ponto, os únicos elementos que nos faltam, para que possamos chegar à uma formulação geral de um problema de controle ótimo, dizem respeito às condições iniciais e finais. As condições iniciais são dadas, simplesmente, pelo valor inicial da variável $x(t)$. Podemos supor, por exemplo, que $x(t_0) = x_0$. Quanto ao valor final de $x(t)$, este pode assumir, basicamente, três formas: a) pode ser deixado livre, b) pode ser fixado como $x(t_f) = x_f$ e c) pode ser incorporado ao funcional por uma função terminal $h(x(t_f))$. Este terceiro caso pode ser reduzido ao primeiro através de uma pequena transformação no funcional. Nos absteremos de mostrar tal passagem porque consideramos que ela é desnecessária para enunciarmos a formulação genérica que nos propomos inicialmente. Abstraído-se, agora, do modelo específico apresentado nesta seção, chegamos a uma formulação geral para o problema de controle ótimo. Matematicamente, este problema poderia ser escrito da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \underset{u(t) \in A}{\text{maximize}} && \int_{t_0}^{t_f} f(x(t), u(t), t) \, dt \\ & \text{sujeito à} && x'(t) = g(x(t), u(t), t) \\ & \text{com condição inicial} && x(t_0) = x_0 \\ & \text{e condição final livre ou fixa em} && x(t_f) = x_f \end{aligned}$$

Para que possamos, agora, passar a discutir a solução de um problema deste tipo, é essencial perceber que, apesar de aparecerem alguns fatores novos (como, por exemplo, o fato de

estarmos tentando maximizar uma integral), a formulação que acabamos de apresentar é, ainda, um problema de maximização sujeita a uma restrição onde são dadas condições iniciais e finais.

1.2) A solução de um problema de controle ótimo

Sabemos que um problema de maximização qualquer, sujeito a uma restrição, pode ser reduzido a um problema sem restrições através do método do multiplicador de Lagrange, que nada mais é do que um artifício matemático que nos permite resolver o problema mais facilmente. Para chegarmos a solução de um problema de controle ótimo, fazemos uso deste mesmo artifício.

Tomando a formulação de um problema de controle ótimo tal como foi apresentada ao final da seção precedente, podemos incorporar a equação de estado ao funcional construindo, assim, uma nova função, a Lagrangiana. Esta função terá a seguinte forma:

$$I(x, u, \theta) = \int_{t_0}^{t_1} f(x, u, t) + \theta(t)(x' - g(x, u, t)) dt \quad (2.4)$$

A função $\theta(t)$ é o multiplicador de Lagrange. Resumidamente, ela mede qual o efeito que uma pequena variação na equação de estado tem sobre a solução ótima para a Lagrangiana acima. A função $\theta(t)$ recebe o nome de *variável adjunta*.

Solucionar o nosso problema significa maximizar a função Lagrangiana. A resolução analítica é bastante complexa e, por tal razão, consideramos desnecessário reproduzi-la aqui. Optamos por explicar de forma qualitativa como se chega a ela.

Grosso modo, o procedimento utilizado consiste em supor uma solução ótima (x^*, u^*, θ^*) e observar qual o efeito que uma pequena variação no valor desta solução tem sobre o valor de $I(x^*, u^*, \theta^*)$. O objetivo de se fazer tal coisa é tentar garantir que, de fato, (x^*, u^*, θ^*) existe e, mais que isto, que é a única solução do problema. O que encontramos é um conjunto de condições que, uma vez respeitadas, garantem a existência e a unicidade da solução. Estas condições formam um sistema de equações diferenciais ordinárias. Resolvendo este sistema, obtemos as trajetórias ótimas para x , u e θ , e o nosso problema está inteiramente resolvido.

As condições que a solução ótima tem que respeitar são dadas a seguir:

$$x' = g(x, u, t) \quad (2.5)$$

$$\theta' = -\frac{\partial f}{\partial x}(x, u, t) - \theta \frac{\partial g}{\partial x}(x, u, t) \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial f}{\partial u}(x, u, t) + \theta \frac{\partial g}{\partial u}(x, u, t) = 0 \quad (2.7)$$

A equação (2.5) é a, já conhecida, equação de estado e a equação (2.6) é chamada de *equação de co-estado*. A equação (2.7) é chamada de *condição de optimalidade*, ou condição de primeira ordem. Este complicado conjunto de equações é descrito de forma mais simples e econômica se introduzimos uma função H do tipo: $H(x, u, \theta, t) = f(x, u, t) + \theta g(x, u, t)$. Verifique que as equações (2.2), (2.3) e (2.4) transformam-se em:

$$x' = \frac{\partial H}{\partial \theta} \quad (2.8)$$

$$\theta' = -\frac{\partial H}{\partial x} \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial H}{\partial u} = 0 \quad (2.10)$$

A função H recebe o nome de *Hamiltoniana*.

Observe que (2.10) pode ser resolvida para o controle u independentemente de (2.8) e (2.9). Se substituirmos u encontrado em (2.8) e (2.9), estas equações se transformam num sistema fechado de equações diferenciais ordinárias que, *a posteriori*, descreve a trajetória ótima do sistema, assim como o controle necessário para obtê-la. Em suma, apesar da solução do problema de controle implicar em maximizar uma integral, a solução em si é um conjunto de funções ordinárias dos parâmetros do modelo. Em problemas reais, a resolução destas equações deve ser feita numericamente.

Concluindo, dado um problema qualquer de controle ótimo, podemos escrever diretamente o Hamiltoniano a ele associado e, imediatamente, decorrem as condições que garantem a existência

e a unicidade da solução. A condição de optimalidade nos dá a trajetória ótima da variável de controle, enquanto que as equações de estado e co-estado, formam um sistema de equações que descreve as trajetórias ótimas tanto da variável de estado quanto da variável adjunta.

Uma última observação deve ser feita: o sistema descrito pelas equações (2.8) e (2.9) exige condições iniciais e finais para determinar uma solução. Mesmo quando o problema possui um estado inicial fixo $x(t_0) = x_0$, ainda é necessário dar uma condição final para determinar unicamente a solução do problema. Esta condição é chamada de *condição de transversalidade* e assume uma forma particular de acordo com o problema em questão.

2) Modelos de crescimento ótimo : uma revisão

O ponto de partida de Lucas (1988), na sua crítica à teoria neoclássica do crescimento económico, é considerar a estrutura básica de um modelo de crescimento ótimo como os desenvolvidos na década de 60. Lucas considera que tais modelos nada mais são do que simples variações do modelo original de Solow (1956); o que, aliás, é um consenso entre os autores da área¹¹. O autor se inspira, mais especificamente, no trabalho de Cass (1961).

Considera-se, então, uma economia fechada, unissetorial, em regime de concorrência perfeita onde atuam agentes idênticos e racionais, no sentido neoclássico do termo. Estes agentes fazem uma escolha intertemporal de consumo, ou seja, escolhem entre consumir no presente ou poupar no presente para consumir no futuro. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que, como se trata de um modelo unissetorial, aquilo que não é consumido num dado momento, é, naturalmente, reinvestido no mesmo setor. Desta forma, podemos dizer que os agentes são, ao mesmo tempo, consumidores e produtores.

Analisando o problema sob a ótica do consumidor temos que, como o agente é racional, ele procurará maximizar sua utilidade ao longo do seu horizonte de planeamento. Sob a ótica do produtor, este se depara com uma função de produção agregada onde está embutido o nível de

¹¹ A verdade é que Solow é, indiscutivelmente, o "pai" da teoria neoclássica do crescimento económico: todavia, como já explicitamos no início deste capítulo, existem nuances entre a abordagem original de Solow e o que chamamos de modelos de crescimento ótimo.

progresso técnico, a cada instante de tempo. Evidentemente, o nível de consumo tem como limite máximo o nível de produção vigente.

O problema de alocação de recursos que nos colocamos é o seguinte: como o agente escolhe entre consumir e investir os seus recursos, ao longo de um horizonte de planejamento infinito, de modo a maximizar sua utilidade? Observe que o agente está sujeito a restrição colocada pela função de produção.

Pelo que foi dito até aqui e, com base no que se pôde aprender sobre um problema de alocação de recursos, já é possível imaginar como se formula este problema específico nos termos da teoria do controle ótimo. Intuitivamente percebermos que o funcional deve descrever as preferências intertemporais dos consumidores e que a equação de estado deve corresponder a uma função de produção agregada que tenha o nível de desenvolvimento tecnológico como uma das variáveis. Além disso, devem ser dadas uma condição inicial e uma condição final. Vejamos como se constituem cada um destes elementos.

As preferências intertemporais dos consumidores podem ser escritas como uma função agregada do consumo individual. Chamaremos de $c(t)$ o consumo real, *per capita*, de um único bem e, de $N(t)$, o número total de agentes na economia. A apresentação normalmente encontrada na literatura é dada a seguir:

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{1}{1-\sigma} [c(t)^{1-\sigma} - 1] \cdot N(t) dt \quad (2.11)$$

Este funcional nos diz muito sobre o nosso problema. Para começar, vemos que trabalhamos com um horizonte de planejamento infinito. A função $c(t)$ é corrigida por um índice σ que representa a aversão ao risco. Por definição, $\sigma \geq 0$. O termo $e^{-\rho t}$ significa simplesmente que todos os valores calculados são trazidos para valor presente e ρ é a taxa de desconto utilizada. Se quiséssemos escrever tal equação em valor corrente bastaria eliminarmos este termo.

Passemos, agora, a equação de estado. A função de produção neoclássica, por excelência, é a função de Cobb-Douglas. No presente caso, considera-se que o nível de produção depende também do nível $A(t)$ de "tecnologia" vigente. Temos, então:

$$f(N(t), K(t)) = A(t) K(t)^\beta N(t)^{1-\beta} \quad (2.12).$$

onde $K(t)$ é o estoque total de capital existente na economia e $N(t)$ o número total de agentes na economia, como já foi explicitado. Temos ainda que $0 < \beta < 1$.

A função f dá o produto nacional líquido a cada instante. Tanto a taxa de crescimento de $N(t)$, λ , assim como a taxa de mudança tecnológica $A' = A$, μ , são dadas exogenamente. Além disso, assume-se que a tecnologia apresenta retornos constantes de escala.

Por outro lado, a produção *per capita* de um bem é dividida entre consumo e acumulação de capital. Seja $K(t)$ o estoque total de capital existente na economia no tempo t , $\dot{K}(t)$ indicará sua variação no tempo, ou seja, o investimento líquido realizado entre $t-1$ e t . Podemos, então, escrever a função de produção agregada de outra forma:

$$f(N(t), K(t)) = N(t)c(t) + \dot{K}(t) \quad (2.13)$$

Igualando (2.12) e (2.13) temos:

$$N(t)c(t) + \dot{K}(t) = A(t) K(t)^{\beta} N(t)^{1-\beta} \quad (2.14)$$

Evidentemente, ainda nos falta especificar, entre as nossas possibilidades de alocação, qual é a nossa variável de controle. Lembramos que temos, basicamente, duas possibilidades de alocação: consumo, descrito pela função $c(t)$ e investimento líquido, descrito pela função $\dot{K}(t)$. Ao controlarmos os valores de uma destas variáveis, a cada instante de tempo do horizonte de planejamento, a solução do nosso problema será uma trajetória temporal para a outra. No nosso caso específico, a variável de controle é a função consumo, $c(t)$, e o que procuramos encontrar resolvendo nosso problema de controle ótimo é uma trajetória temporal para o capital, $K(t)$. Coloquemos isto de outra forma: dada uma trajetória temporal $c(t)$ e um estoque inicial de capital $K(0)$, a restrição tecnológica imposta pela função de produção (2.14) implica na existência de uma única trajetória temporal ótima para $K(t)$.

Ora, já sabemos que uma forma econômica de escrever as condições para que um problema de alocação ótima tenha solução é através do Hamiltoniano. O Hamiltoniano H será dado aqui em valor corrente, ou seja, eliminando-se o termo $e^{-\sigma t}$ presente no integrando da função de

utilidade, que servia, justamente, para trazer todos os valores calculados para o valor presente¹². Além disso, eliminaremos, a partir daqui, as dependências temporais para que a apresentação da parte final desta seção fique menos carregada.

Dito isto, escrevemos o Hamiltoniano em valor corrente como:

$$H(K, \theta, c, t) = \frac{N}{1-\sigma} [c^{1-\sigma} - 1] + \theta \cdot [AK^{\alpha} N^{1-\beta} - Nc] \quad (2.15)$$

Vimos que, matematicamente, a função $\theta(t)$ é o multiplicador de Lagrange utilizado para reduzir o problema inicial a um problema sem restrição. Agora podemos discutir o significado econômico desta variável. Dado um estoque inicial de capital, existe um custo marginal associado a utilização de uma unidade suplementar de capital a cada instante de tempo ao longo de todo o horizonte de planejamento. A função θ descreve o comportamento deste custo marginal ao longo do tempo. Sob hipótese de equilíbrio este valor tem que ser igual ao preço da unidade suplementar de capital utilizada, ou seja, tem que ser igual ao preço do investimento líquido realizado.

Dito isto, podemos interpretar o Hamiltoniano acima. O primeiro termo a direita corresponde ao consumo agregado medido em utilidade, enquanto que o segundo termo é o investimento líquido realizado multiplicado pelo seu preço. Desta forma o Hamiltoniano é a renda ou produto líquido para cada instante de tempo.

Tomando as condições (2.8), (2.9) e (2.10) dadas na seção anterior, podemos escrevê-las para este problema específico. Obtemos, então:

$$\frac{\partial H}{\partial c} = Nc^{-\sigma} - \theta N = 0 \quad \therefore \quad c^{-\sigma} = \theta \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial H}{\partial \theta} = AK^{\alpha} N^{1-\beta} - Nc = K' \quad (2.17)$$

$$\rho\theta - \frac{\partial H}{\partial K} = \rho\theta - \theta\beta AN^{1-\beta} K^{\alpha-1} = \theta' \quad (2.18)$$

¹² Fazemos isto de acordo com a apresentação de Lucas em seu artigo. Evidentemente, poderíamos escrever o Hamiltoniano em valor presente sem que isto trouxesse qualquer tipo de prejuízo para a nossa análise.

É interessante perceber que a condição de primeira ordem, dada pela equação (2.16), nos diz que a utilidade marginal do consumo tem que ser igual ao preço do investimento líquido a cada instante: o que implica que, do ponto de vista do agente, alocar seus recursos entre consumo ou investimento lhe trazem igual satisfação.

Vejamos, agora, a solução do problema. Substituindo-se c , encontrado em (2.16), na equação (2.17) temos que as equações (2.17) e (2.18) representam um sistema fechado de equações diferenciais ordinárias em $K(t)$ e $\theta(t)$. A solução deste sistema nos fornece a trajetória ótima de $K(t)$, assim como do controle $c(t)$, através da equação (2.16).

A condição inicial deste problema é dada por $K(0)=K_0$.

Neste caso, onde trabalhamos com um horizonte infinito, a condição de transversalidade assume uma forma distinta daquela apresentada para um problema de horizonte finito. Frequentemente, num problema com horizonte infinito, as soluções $K(t)$ e $c(t)$ convergem para uma solução estacionária, onde seus valores não se alteram mais. Neste caso, a condição de transversalidade que garante uma solução única para o problema é dada por :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \theta(t) K(t) = 0 \quad (2.19)$$

As equações (2.16), (2.17), (2.18) e (2.19), juntamente com a condição inicial dada, descrevem, portanto, a solução ótima do problema de maximização proposto pelas teorias do crescimento ótimo.

Passemos, agora, a discutir os elementos da crítica formulada por Lucas.

Lucas levanta uma série de implicações da teoria de crescimento ótimo, aqui apresentada. Não nos interessa, particularmente, comentar cada uma das suas observações. O nosso principal interesse é identificar qual o principal ponto de ruptura que Lucas pretende estabelecer com esta teoria. Por tal razão, apresentaremos os resultados encontrados para as trajetórias ótimas das variáveis $(K(t), c(t), \theta(t))$ sem nos determos muito nos passos da resolução. Veremos que é possível escrever esta solução em termos, apenas, dos parâmetros do modelo.

A solução ótima, que Lucas desenvolve, é uma solução particular do problema colocado: o que já é suficiente para que se identifique algumas propriedades relevantes. Esta solução particular,

chamada de trajetória de crescimento equilibrado, é tal que as taxas de crescimento de cada uma destas variáveis é constante.

Dito isto, define-se a taxa de crescimento do consumo *per capita* como $\hat{c} = \dot{c}/c = \kappa$, onde κ é uma constante. A partir daí, tomando-se (2.16), obtemos a taxa de crescimento de $\theta(t)$: $\hat{\theta} = \dot{\theta}/\theta = -\sigma\kappa$. Se olharmos (2.18), agora, podemos ver que:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{\theta}}{\theta} &= \rho - \beta A N^{1-\beta} K^{\beta-1} = -\sigma\kappa \\ \beta A N^{1-\beta} K^{\beta-1} &= \rho + \sigma\kappa\end{aligned}\quad (2.20)$$

Observe que o termo à esquerda é a produtividade marginal do capital e que ela deve ser constante ao longo da trajetória equilibrada.

Agora, dividindo (2.15) por K e combinando com (2.20) obtemos:

$$\frac{N\dot{c}}{K} + \frac{\dot{K}}{K} = A N^{1-\beta} K^{\beta-1} = \frac{\rho + \sigma\kappa}{\beta} \quad (2.21)$$

Ora, por definição $\dot{K}/K$ é constante, de modo que (2.21) implica que $N\dot{c}/K$ também seja constante. Desta forma, diferenciando este último termo, temos que:

$$\hat{N} + \hat{c} = \hat{K}, \text{ donde se deduz que}$$

$$\hat{K} = \kappa + \lambda \quad (2.22)$$

Este último resultado nos dá a trajetória ótima da variável $K(t)$ que nos faltava. Contudo, se diferenciarmos (2.20), obtemos:

$$\begin{aligned}\frac{\dot{A}}{A} - (1-\beta)\frac{\dot{Y}}{Y} &= (1-\beta)\frac{\dot{K}}{K} \\ \mu + (1-\beta)\lambda &= (1-\beta)(\kappa - \lambda) \\ \kappa &= \frac{\mu}{1-\beta}\end{aligned}$$

Se substituirmos, agora, o valor de κ encontrado, podemos resumir nossos resultados da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}\hat{K} &= \frac{\mu}{1-\beta} - \lambda \\ \hat{\Theta} &= -\sigma \frac{\mu}{1-\beta} \\ \hat{C} &= \frac{\mu}{1-\beta}\end{aligned}$$

Considerando que os parâmetros do modelo podem ser divididos em três categorias: a) parâmetros tecnológicos: β, μ ; b) parâmetros demográficos: λ ; e c) parâmetros de preferência: ρ, σ . é fácil observar que tanto a taxa de crescimento do consumo *per capita* quanto a taxa de crescimento do estoque de capital dependem apenas de parâmetros tecnológicos e demográficos. Ora, estes são justamente os parâmetros *exógenos* do sistema.

Neste momento, é possível tirar uma importante conclusão a respeito dos modelos de crescimento ótimo - estes modelos explicam o crescimento com base no comportamento de variáveis exógenas ao sistema. Este é o principal foco da insatisfação de Lucas em relação à teoria neoclássica *standard* do crescimento econômico; e é justamente aí que ele pretende romper com esta abordagem através da formulação de uma teoria do crescimento endógeno.

Como ressalta Solow (1992), existem várias razões para que se busque construir uma teoria do crescimento endógeno. Uma destas razões que Solow levanta é que seria intelectualmente insatisfatório ter a taxa de crescimento real, de longo prazo, de uma economia, determinada exogenamente. A motivação de Lucas para tentar construir uma teoria endógena do crescimento

está, principalmente, no diagnóstico que este faz das disparidades, aparentemente crescentes, entre as taxas de crescimento de diversos países.

De fato, num quadro de livre mobilidade de recursos entre países, o modelo neoclássico apresentaria uma forte tendência à convergência das taxas de crescimento da renda nacional. Com base na teoria neoclássica do comércio internacional, os fatores de produção, capital e trabalho, tenderiam a se deslocar para onde os retornos fossem mais elevados, i.e., onde eles fossem relativamente mais escassos. Desta forma, existiria, paralelamente, uma tendência à equalização dos preços dos fatores¹³. Ora, não isto é o que se observa nas economias reais.

As taxas de crescimento das economias dependeriam, segundo o modelo, dos parâmetros λ , μ e $1-\beta$. É um fato que tanto a taxa de crescimento populacional, λ , quanto a parte dos salários no produto, $1-\beta$, diferem, evidentemente, de um país para outro: contudo países com rápido crescimento populacional não são sistematicamente mais pobres do que países cuja população cresce mais lentamente, como preveria a teoria: da mesma forma que países onde a parcela dos salários sobre a renda é mais elevada não tendem, necessariamente, a apresentar maiores taxas de crescimento. Tais observações indicariam, talvez, que o ritmo de mudança tecnológica seria o elemento chave na explicação do comportamento real das taxas de crescimento da renda.

Dito assim, parece que a última afirmativa nada mais é do que uma consequência da inadequação dos demais fatores para explicar as diferenças já apontadas. Na verdade, trata-se de algo muito mais forte. Veremos, no próximo capítulo, que os modelos formulados tanto por Lucas como por Romer se baseiam, em última instância, na idéia de que a mudança tecnológica é o elemento dinâmico da economia: daí dizermos que é através da mudança tecnológica que se tenta endogeneizar o crescimento econômico.

Apenas adiantando o que será objeto da discussão do quarto capítulo: é importante ter em mente que, apesar da nova teoria do crescimento econômico, representada pelos dois autores citados, incorporar a idéia de endogeneidade do progresso tecnológico, ela não chega a constituir uma teoria da mudança tecnológica, no sentido schumpeteriano do termo.

Dito isto, vejamos como são construídos os modelos de crescimento endógeno de Lucas e Romer, respectivamente.

¹³ A teoria neoclássica do comércio internacional prova a convergência dos preços dos fatores de produção no Teorema de Stolper-Samuelson.

CAPÍTULO 3

MODELOS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO

Introdução

O conjunto de modelos que constituem aquilo que chamamos de *teoria de crescimento endógeno* representam, sem dúvida, o maior avanço feito, dentro do paradigma neoclássico, no sentido de explicar a dinâmica de crescimento das economias capitalistas modernas. Mais que isto, estes modelos constituem o *mainstream* do pensamento econômico no que se refere à questão do crescimento.

Desta forma, fica claro que a teoria do crescimento endógeno é elemento indispensável a qualquer discussão sobre teoria do crescimento econômico. Se levarmos em consideração, ainda, o papel central que o crescimento econômico desempenha em qualquer discussão contemporânea sobre o desenvolvimento, a importância desta teoria fica, então, amplificada.

Em contraste com o modelo neoclássico tradicional (Solow, 1956), onde o progresso técnico nada mais é que uma tendência de longo prazo determinada por fatores exógenos, os novos modelos passam a considerar a determinação endógena das fontes de mudança tecnológica.

O modelo de Solow é caracterizado por uma função de produção que possui retornos constantes para todos os fatores, no caso, capital e trabalho. O capital é o único fator passível de acumulação e, por apresentar rendimentos marginais decrescentes, sua acumulação concorre para desincentivar o investimento no longo prazo. Assim sendo, o crescimento só pode ser “salvo” por influências exógenas como, por exemplo, uma tendência ao crescimento absoluto da força de trabalho, baseada no crescimento da população, ou uma taxa constante de progresso técnico.

Uma das formas de contornar o problema colocado acima e endogeneizar o crescimento econômico, é através de endogeneização do próprio progresso técnico. O progresso técnico

endógeno deve, no entanto, ou possuir retornos crescentes de escala ou gerar externalidades positivas de forma a garantir o crescimento sustentado de longo prazo.

O objetivo deste capítulo é analisar este último caso, ou seja, analisar alguns modelos onde a endogeneização do progresso técnico gera externalidades positivas que garantem a sustentabilidade do crescimento econômico no longo prazo. Uma das principais formas de geração de externalidades se dá através mecanismos de aprendizado do tipo *learning by doing*, como foi visto no primeiro capítulo do presente trabalho.

Dito isto, no propomos analisar dois modelos de crescimento endógeno, quais sejam: os modelos de Lucas (1988) e Romer (1990). Procuraremos identificar de que forma o aprendizado é, por eles, incorporado, o que nos permitirá verificar se (e até que ponto) a visão neoclássica do aprendizado é determinante dos resultados obtidos e das previsões feitas pelos modelos.

Numa primeira seção apresentaremos o modelo de Lucas, centrado no conceito de *capital humano*. Veremos que a acumulação de capital humano pode derivar de uma ação voluntária do agente ou, alternativamente, pode se apresentar como um resultado involuntário. Neste último caso, o autor associa um acúmulo involuntário de capital humano a um processo de aprendizado do tipo *learning by doing*. Veremos, também, como esta abordagem permite a divergência dos níveis de renda e das taxas de crescimento entre os países.

A segunda seção constará da apresentação do modelo de Romer (1990), assim como de uma discussão sobre o papel do aprendizado no modelo. Analisaremos, também o caráter específico que o conhecimento assume para este autor: veremos que esta abordagem rompe com a teoria neoclássica tradicional do conhecimento preservando os pilares de sustentação do paradigma neoclássico.

1) A “nova” teoria do crescimento econômico: o modelo de Lucas

A peça fundamental de toda a modelagem proposta por Lucas é o conceito de “*capital humano*”. Este conceito havia sido desenvolvido por Schultz (1963) e Becker (1964) e já havia motivado outras tentativas de modelização como em Usawa (1965) e Romer (1986).

O capital humano de um agente é, simplesmente, o conjunto de capacitações e habilidades do qual este dispõe. O agente pode, segundo o autor, acumular capital humano, basicamente, de duas formas: a) voluntariamente, através do tempo que se dedica ao estudo e b) involuntariamente, através de um processo de *learning by doing*.

Vejamos, numa primeira subseção a construção do modelo sob a hipótese de acumulação de capital humano com base na ação voluntária do agente de se capacitar; e, numa segunda subseção, o que se modifica quando este agente acumula capital humano involuntariamente.

1.1) Capital humano: acumulação intencional

Sendo $h(t)$ o nível de capacitação de um agente representativo num dado instante de tempo, a teoria do capital humano diz que, dependendo da forma como o indivíduo aloca seu tempo entre diversas atividades no período corrente, isto poderá modificar o seu nível de $h(t)$ em períodos futuros. Por outro lado, o nível $h(t)$ de um agente específico influenciará, certamente, o nível de produção corrente que este agente é capaz de realizar, ou seja, determinará, de alguma forma, a sua produtividade. Chamaremos este efeito que o nível de capital humano acumulado tem sobre a produtividade de cada indivíduo de *efeito interno* do capital humano. Em oposição, o *efeito externo* do capital humano é o efeito que o nível médio de capital humano acumulado numa economia tem sobre o nível de produtividade de todos os fatores de produção. Formalizemos estas idéias.

Supondo que existem N trabalhadores numa economia, $Nh(t)$ corresponde ao número de trabalhadores com nível de capacitação h . Suponhamos, também, que cada trabalhador com um nível h dedique uma fração, $u(h(t))$, do seu tempo à produção, e que o restante do tempo, $1 - u(h(t))$, seja dedicado ao estudo¹⁴. Se tivermos, ainda, como hipótese que todos os agentes numa economia são idênticos, a quantidade de horas de trabalho que será dedicada a produção corrente pode ser expressa da seguinte forma:

$$N^e = u(t)h(t)N(t) \quad (3.1)$$

¹⁴ Chamamos a atenção do leitor para a suposição que acaba de ser feita, qual seja: o tempo que o agente não dedica diretamente a produção e, necessariamente, usado por ele para acumular mais capital humano.

A equação (3.1) corresponde a $N(t)$ no modelo anterior. Observe, ainda, o efeito interno do capital humano está incorporado por esta equação, na medida em que o número de horas dedicadas à produção é ponderado pelo nível de capacitação dos trabalhadores (lembrar que os trabalhadores são, por hipótese, idênticos).

No que diz respeito ao efeito externo do capital humano, denota-se o nível médio de capacitação como $h_e(t)$, e considera-se que $h_e(t)$ contribui para a produtividade dos fatores como uma externalidade. Note que, sob a hipótese de que todos os agentes são idênticos, $h_e(t) = h(t)$; entretanto, para enfatizar a distinção entre efeitos internos e efeitos externos, guardaremos a notação $h_e(t)$.

Dito isto, podemos mostrar com estes novos elementos são incorporados ao modelo neoclássico. A função utilidade permanece idêntica ao que tínhamos anteriormente. A função de produção agregada (2.14), por sua vez, deve ser reescrita da seguinte forma:

$$N(t) c(t) - \dot{K}(t) = AK(t)^{\beta} [u(t)h(t)N(t)]^{1-\beta} h_e(t) \quad (3.2)$$

onde $h_e(t)^{\beta}$ procura capturar o efeito externo do capital humano sobre a produção e o nível tecnológico. A é considerado constante. A equação (3.2) descreve uma das restrições do problema. Existe, todavia, uma segunda restrição dada pela dinâmica de acumulação de capital humano: supõe-se que a taxa em que este se dá seja uma função linear do nível de capital humano já acumulado. Formalmente, escrevemos:

$$\dot{h}(t) = h(t) \delta[1 - u(t)] \quad (3.3)$$

Uma primeira observação que deve ser feita acerca da equação acima diz respeito ao caráter intencional do processo de acumulação de capital humano. De fato, o capital humano só é acumulado quando algum esforço é despendido para tal. Um “esforço” está associado, neste raciocínio, à busca de capacitação por parte do indivíduo, ou seja, ao tempo que este dedica ao estudo. Quando um agente dedica a integralidade do seu tempo a esta atividade a taxa de acumulação de capital humano é máxima e igual a δ . Outra importante característica a ser

ressaltada é que um aumento percentual de $h(t)$ requer sempre a mesma quantidade de esforço por parte do agente, não importando o nível de capital humano já acumulado. Isto equivale a dizer que $h(t)$ apresenta retornos constantes de escala. Veremos, mais a frente, que a forma linear que a função $\hat{h}(t) = \dot{h}(t) \cdot h(t)$ assume é essencial para a endogeneização do crescimento econômico. Por enquanto, continuemos a discutir o modelo de Lucas, observando que, à parte as modificações introduzidas pelas equações (3.2) e (3.3), este modelo é idêntico ao de crescimento ótimo apresentado na seção anterior.

Ao introduzir uma externalidade, $h_o(t)^j$, Lucas se depara com uma dificuldade, a trajetória de crescimento ótimo e a trajetória de equilíbrio competitivo não mais coincidem. E por que isto ocorre? Responder a esta questão pressupõe que seja melhor especificado o que se entende por cada uma das trajetórias

Por trajetória de equilíbrio, compreende-se aqui a trajetória alcançada quando cada agente privado, individualmente, procura maximizar sua utilidade sujeito a determinadas restrições. No que se refere ao nível global de capital humano acumulado, o agente considera, no seu cálculo, apenas, os benefícios pessoais que pode ter; ignorando, portanto, os benefícios usufruídos pelo conjunto da sociedade.

Por equilíbrio ótimo, subentende-se o equilíbrio alcançado quando se leva em conta que existe um total *spillover* do nível global de capital humano acumulado. Este *spillover* funciona como uma externalidade positiva, do ponto de vista do planejamento central da economia: de forma que a trajetória de equilíbrio encontrada não corresponde apenas ao equilíbrio competitivo mas aquilo que é socialmente desejável. Em outras palavras poderíamos dizer que o equilíbrio ótimo corresponde a um ótimo de Pareto, o que não ocorre com o equilíbrio competitivo.

Feitas as qualificações acima, espera-se que o equilíbrio ótimo seja mais eficiente do que o equilíbrio competitivo. A diferença entre as duas trajetórias corresponderia à perda de eficiência que ocorre quando não se leva em consideração o *spillover* do nível de capital humano acumulado pela economia como um todo.

Não existe, propriamente, uma forma de superar esta desigualdade. O que Lucas propõe, do ponto de vista da solução do problema, é resolver, separadamente, o problema do equilíbrio ótimo e o problema do equilíbrio competitivo, para que se possa, a seguir, comparar os resultados e medir o grau de ineficiência da economia. Todavia, isto não nos interessa diretamente. Estamos

interessados em analisar a questão do crescimento econômico dos países, e, assim sendo, o foco de nossa atenção se encontra na resolução do problema sob a ótica do planejamento central da economia. Resolveremos, portanto, o problema de equilíbrio ótimo, ou seja, consideraremos o nível global de capital humano como uma externalidade positiva.

Dito isto, podemos, finalmente, escrever o Hamiltoniano em valor corrente para o problema em questão:

$$H(K, h, u, c, \theta_1, \theta_2, t) = \frac{N}{1-\sigma} (c^{1-\sigma} - 1) + \theta_1 [AK^{\beta} (uNh)^{1-\beta} h' - Nc] + \theta_2 [\delta h(1-u)]$$

Neste modelo existem duas variáveis de controle: o consumo, $c(t)$, e o tempo dedicado a produção, $u(t)$. As variáveis θ_1 e θ_2 exprimem, respectivamente, o custo marginal associado ao capital físico e ao capital humano.

As condições de primeira ordem para este problema são, então:

$$c^{-\sigma} = \theta_1 \quad (3.4)$$

e

$$\theta_1(1-\beta)AK^{\beta}(uNh)^{-\beta}Nh'^{+1} = \theta_2\delta h \quad (3.5)$$

Repare que esta última condição quer dizer que o valor do tempo alocado para a produção deve ser igual ao valor do tempo alocado para o acúmulo de capital humano. As equações de co-estado, referentes a θ_1 e θ_2 , são, respectivamente:

$$\dot{\theta}_1 = \rho\theta_1 - \theta_1\beta AK^{\beta-1}(uNh)^{1-\beta}h' \quad (3.6)$$

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \theta_1(1-\beta-\gamma)AK^{\beta}(uN)^{1-\beta}h^{-\beta+1} - \theta_2\delta(1-u) \quad (3.7)$$

Sabemos que as equações (3.4), (3.5), (3.6) e (3.7), juntamente com duas condições iniciais e duas condições de transversalidade, descrevem, implicitamente, a solução deste problema

de controle ótimo, ou seja, dão as trajetórias ótimas pra $K(t)$ e $h(t)$ assim como para os controles $c(t)$ e $u(t)$.

Da mesma forma como fizemos anteriormente, o modo mais simples de caracterizar a trajetória ótima é procurando uma trajetória de crescimento equilibrado para o sistema: soluções onde o consumo, o capital físico e o capital humano crescem a taxas constantes e onde a variável de alocação do tempo também é constante.

Seguindo os passos dados no capítulo anterior, consideraremos, analogamente, $\hat{c} = \dot{c}/c = \kappa$. Combinando (3.4) e (3.6), obtemos:

$$\beta AK^{\beta-1} (uNh)^{1-\beta} \dot{h} = \rho + \sigma\kappa \quad (3.8),$$

que é análoga a equação (2.20) do capítulo anterior.

Agora, façamos o nível de capital humano, $h(t)$, crescer a uma taxa v , de forma que temos $\hat{h} = \dot{h}/h = v$. Da equação (3.3), tiramos que:

$$v = \delta (1-u) \quad (3.9)$$

Paralelamente, ao diferenciarmos (3.8), como fizemos antes, temos que κ pode ser escrito, agora, em termos dos antigos parâmetros do sistema e do novo parâmetro v :

$$\kappa = \left(\frac{1-\beta+\gamma}{1-\beta} \right) v \quad (3.10)$$

Comparando, ainda, com o que foi feito para o modelo neoclássico, vemos que o numerador da equação acima desempenha o mesmo papel que tinha a taxa de mudança tecnológica μ , determinada exogenamente.

Aqui cabe fazer comentar uma implicação da equação acima. Ao se introduzir um efeito externo, através do nível global de capital humano acumulado, resulta que o capital físico cresce mais rapidamente que o capital humano. Veja na equação (3.10) que se $\gamma > 0$, então $\kappa > v$.

Voltando-nos, agora, para os determinantes da taxa de crescimento do capital humano, v , esperamos poder escrevê-la em função dos parâmetros do sistema, como fizemos antes para κ . Para isto, diferenciaremos as condições (3.4) e (3.5). O resultado da diferenciação de (3.4) é dada por $\dot{\theta}_1 / \theta_1 = -\sigma\kappa$, uma vez que essa condição permanece inalterada. Para diferenciarmos a equação (3.5), faremos uma pequena alteração na sua apresentação:

$$\frac{\theta_1 K^\beta (uNh)^{-\beta} N h^{\gamma+1}}{\theta_2 h} = \frac{\delta}{(1-\beta)A}$$

Observe que, agora, o lado direito da equação é constante. Diferenciando a equação acima, temos:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{\theta}_1}{\theta_1} + \beta \frac{\dot{K}}{K} - \beta \left[\frac{\dot{u}}{u} + \frac{\dot{N}}{N} + \frac{\dot{h}}{h} \right] + \frac{\dot{N}}{N} + (1+\gamma) \frac{\dot{h}}{h} &= \frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} + \frac{\dot{h}}{h} \\ \frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} &= -\sigma\kappa + \beta(\kappa + \lambda) - \beta(\lambda + v) + \lambda + (1+\gamma)v - v \\ \frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} &= (\beta - \sigma)\kappa - (\beta - \gamma)v + \lambda \end{aligned} \quad (3.11)$$

Finalmente, se combinarmos a condição (3.5) e a equação de estado (3.7), obtemos, ao custo de alguma manipulação algébrica:

$$\frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} = \rho - \delta - \frac{\gamma}{1-\beta} \delta u \quad (3.12)$$

Agora, eliminando $\dot{\theta}_2 / \theta_2$ a partir de (3.11) e (3.12) e substituindo u , dado por (3.9), podemos resolver v em termos dos parâmetros. O resultado que obtemos é o seguinte:

$$v = \frac{1}{\sigma} \left[\delta - \frac{1-\beta}{1-\beta-\gamma} (\rho - \lambda) \right] \quad (3.13)$$

Esta equação acima nos dá a taxa de crescimento do capital humano, ao longo de uma trajetória equilibrada, em função dos parâmetros do nosso modelo. Da mesma forma, as taxas de crescimento do capital físico e do consumo serão dadas por expressões que contenham estes mesmos parâmetros. A principal diferença que existe entre as taxas de crescimento encontradas aqui e aquelas correspondentes à teoria neoclássica *standard* é que, no presente caso, entre os parâmetros do modelo encontramos os parâmetros de preferência, ausentes no caso precedente. A presença destes parâmetros é vital para qualificar a endogeneidade do crescimento econômico, pois na medida em que se alteram as preferências dos agentes *dentro* da economia, se alterarão as trajetórias ótimas de todas as variáveis do modelo, inclusive das variáveis de controle.

Aparentemente, então, Lucas consegue endogeneizar o crescimento econômico a partir da endogeneização do ritmo de acumulação do capital humano. Solow (1992) não concorda inteiramente com isto.

A crítica de Solow repousa na idéia de que a endogeneidade do crescimento econômico só surge da forma específica que assume a função que descreve a dinâmica de acumulação do capital humano (equação (3.3)). Segundo este autor, caso esta função não fosse linear mas apresentasse rendimentos decrescentes para a acumulação de capital humano, simplesmente não se verificaria crescimento. Em outras palavras, o capital humano e a sua acumulação só serviriam de motor endógeno do crescimento econômico caso apresentassem retornos constantes ou crescentes de escala.

Esta crítica torna-se ainda mais profunda se pensarmos, como o próprio Lucas chega a reconhecer, que o capital humano, muito mais do que qualquer capital físico, está sujeito, de fato, a retornos decrescentes. O capital humano tal e qual é definido por Lucas, ou seja, como um conjunto de capacitações, é um fator de produção com características bastante diferentes dos demais fatores. Apesar destas características já terem sido amplamente discutidas no primeiro capítulo, consideramos que este é um momento vital para se retornar, minimamente, a elas.

Primeiramente, a acumulação de capital humano não depende exclusivamente do tempo que se dedica ao estudo, mas também de uma série de outros fatores, como o nível de capacitação já acumulada, o caráter tácito do conhecimento que está por trás desta capacitação, as *path dependencies* às quais este processo está submetido, entre outros. Entretanto, mesmo que se considerasse o tempo de estudo como único elemento determinante do ritmo de acumulação, ainda

assim não seria razoável supor que o indivíduo apresentaria o mesmo rendimento a medida em que se acumulassem as horas que ele dedica ao estudo, e muito menos, que este rendimento fosse crescente.

Os comentários feitos até aqui, dizem respeito a um dos dois grandes objetivos de Lucas ao propor o seu modelo de crescimento, qual seja, o de construir uma teoria do crescimento cujo motor fosse endógeno. Agora passaremos a explorar o seu segundo objetivo: o de construir um modelo que explicasse a tendência verificada para a não-convergência dos níveis de produto e das taxas de crescimento entre os países. Consideramos que autor consegue apresentar algum avanço em relação aos seus predecessores. Vejamos como isto se dá.

Encontradas as trajetórias ótimas de crescimento das variáveis do modelo, Lucas vai se interrogar sobre os *níveis* destas variáveis. Esta informação estaria implícita na condição de produtividade marginal dada pela equação (3.8). De fato, se isolarmos K nesta equação obtemos:

$$K = Bh^{\alpha} \quad (3.14)$$

onde $B = \left(\frac{\rho + \sigma K}{\beta A u^{1-\beta} N^{1-\beta}} \right)^{1-\beta}$ e $\alpha = \frac{1-\beta+\gamma}{1-\beta}$

Sendo $\alpha > 1$, K é uma função crescente e convexa de h . Se plotamos K contra h obtemos um gráfico como o esboçado abaixo.

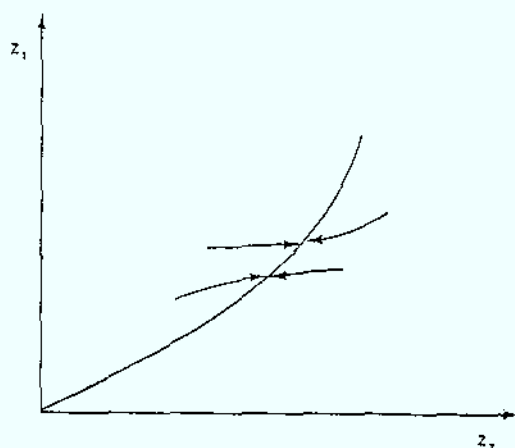


Figura 1: Trajetórias de de equilíbrio de $K(t)$ e $h(t)$

De acordo com a fig. 1, podemos ver que a economia apresenta crescimento sustentado tanto do capital físico quanto do capital humano. Ao longo desta curva, a produtividade marginal do capital será constante.

No que diz respeito à dinâmica do sistema descrito até aqui, o autor conjectura que para uma dada configuração inicial $(K(0), h(0))$ dos dois tipos de capital, as trajetórias de equilíbrio convergiriam para algum ponto da curva na fig. 1, mas que esta posição assintótica dependeria da posição inicial. As setas na figura ilustrariam algumas possíveis trajetórias.

Sob este tipo de dinâmica, se supusermos duas economias com diferentes dotações iniciais dos dois tipos de capital; aquela que apresentasse níveis mais altos de capital acumulado alcançaria, assintoticamente, um ponto da curva na fig. 1 acima daquele alcançado pela economia com dotações inferiores. Isto significa que, numa análise comparativa, a economia que tiver um maior nível de acumulação de capital, tanto físico quanto humano, tenderá a manter esta posição de liderança para sempre, a não ser que algum elemento exógeno provoque um aumento das dotações iniciais¹⁵.

Observe que aqui ocorre uma importante qualificação da idéia de convergência postulada pela teoria neoclássica tradicional. Aqui, ainda, as economias convergem para uma trajetória ótima, mas esta convergência respeita uma espécie de hierarquia dada pelo nível de capital acumulado por esta economia até então. Desta forma, pode-se dizer que Lucas avança em relação aos modelos anteriores, na medida em que explica teoricamente, as persistentes diferenças dos níveis de renda entre os países no mundo.

A partir de agora, ampliaremos um pouco mais o modelo de Lucas, ao supormos que a acumulação de capital humano se dá, não somente em função de um esforço consciente realizado neste sentido, mas também como resultado da própria atividade produtiva através do aprendizado. Procuraremos ver se isto introduz alguma mudança em relação à formulação anterior.

¹⁵ Dai resultaria a importância dos países pobres de investirem em formação de capital humano. Do ponto de vista do modelo isto significaria aumentar o tempo de dedicação ao estudo, u .

1.2) O aprendizado informal e a acumulação de capital humano

Até agora a decisão de acumular capital humano foi tratada de modo análogo à decisão de dedicar mais tempo à produção. Entretanto, é indiscutível que elementos como o aprendizado e o treinamento são, pelo menos, tão importantes quanto o estudo para a formação de capital humano. Ao reconhecer isto, Lucas admite a necessidade de se incorporar tais elementos a uma teoria endógena do crescimento econômico. Neste sentido, Lucas vai propor um novo modelo onde se supõe que todo o capital humano é acumulado por um processo do tipo *learning by doing*.

Antes de mais nada, façamos algumas qualificações. Como foi discutido no primeiro capítulo deste trabalho, o conceito de *learning by doing* para autores neoclássicos aparece como uma forma de se gerar externalidades positivas para o conjunto da economia. Supõe-se, portanto, que existe um total *spillover* do conhecimento adquirido através deste aprendizado. A abordagem de Lucas segue, rigorosamente, este princípio.

O nosso principal interesse consiste em explicitar as hipóteses do modelo apresentado por Lucas, principalmente no que se refere à forma como o aprendizado é incorporado no modelo; e em indicar de que modo a idéia de divergência dos países fica melhor qualificada, neste segundo modelo.

Vejamos o primeiro destes pontos. Lucas supõe uma economia onde existem dois tipos de bens de consumo, c_1 e c_2 , e nenhum capital físico. Cada um destes bens é produzido da seguinte forma:

$$\begin{aligned} c_1(t) &= h_1(t) u_1(t) N(t) \\ c_2(t) &= h_2(t) u_2(t) N(t), \end{aligned}$$

onde $u_i(t)$ é a fração do trabalho alocado para a produção do bem i . A população é dada exogenamente.

A variável $h_i(t)$ corresponde ao capital humano especializado na produção do bem i e é interpretada como sendo resultante do aprendizado. Na medida em que aumenta o esforço

dedicado à produção de i , cresce o capital humano especializado nesta produção. A dinâmica de acumulação do capital humano é dada por:

$$\dot{h}_i(t) = h_i(t) \delta_i u_i(t) \quad (3.15)$$

Observe que, neste caso, o crescimento de h_i aumenta com u_i , ou seja, o crescimento do capital humano depende da parcela do tempo que o trabalhador aloca na produção de bens de consumo. Ao contrário, no primeiro modelo, supunha-se que a acumulação de capital humano dependeria de $(1-u)$, ou seja, da parcela de tempo *não* alocada na produção de bens de consumo.

Em comum com o modelo anterior, temos que o capital humano apresenta retornos constantes de escala. Já comentamos os problemas que isto poderia acarretar quando expusemos a crítica de Solow na seção anterior: contudo, ao apresentar este modelo, o próprio Lucas reconhece que a suposição de retornos decrescentes, o que seria muito mais razoável, faria com que o capital humano perdesse seu *status* de motor do crescimento.

A partir daí, Lucas contrói um modelo que descreve as trajetórias ótimas para $h_1(t)$ e $h_2(t)$. Não nos interessa, particularmente, o desenvolvimento deste modelo; mas sim as conclusões às quais o modelo permite chegar. Poderíamos dizer que os resultados encontrados são semelhantes aos obtidos pela teoria neoclássica do comércio internacional, ou seja, conclui-se que a existência de vantagens comparativas na produção de um determinado bem levaria a uma especialização na produção deste bem. Esta especialização, por sua vez, teria impactos sobre o ritmo de crescimento econômico. Vejamos, inicialmente, como se justifica uma opção pela especialização.

Como já foi dito, o modelo supõe uma economia que produz apenas dois bens de consumo, c_1 e c_2 . Suponhamos, agora, que esta economia possua uma dotação inicial de capital humano especializado na produção de cada um dos bens, h_1 e h_2 e que a elasticidade de substituição entre c_1 e c_2 , α , seja maior que 1. Se esta economia estiver, inicialmente mais capacitada para a produção de um dos bens, ela tenderá a se especializar na produção deste bem. Isto ocorrerá em função da hipótese feita sobre a acumulação de capital humano via *learning by doing*. De fato, a medida em que esta economia se dedica cada vez mais à produção do bem que ela produz melhor, mais ela “aprende”, e melhor ainda será o seu desempenho no futuro. Ora, uma vez que c_1 e c_2 são bons substitutos entre si, não existiria nenhuma razão para que, ao invés de

produzir ambos os bens, esta economia não produzisse apenas um deles; mais que isto, ao fazê-lo, ela estaria aumentando seu estoque de capital humano.

A hipótese essencial para que a especialização seja benéfica, diz respeito à elasticidade de substituição entre os bens: os bens tem que ser bons substitutos entre si. Reproduzimos um exemplo dado pelo autor para que a importância desta hipótese seja totalmente compreendida: na medida em que, atualmente, produz-se computadores cada vez mais baratos, poderíamos substituir o consumo de outros bens, como batatas, por exemplo, por consumo de computadores; a dificuldade de se fazer tal coisa depende, evidentemente, de quão bons substitutos são batatas e computadores!

Para que o raciocínio esteja completo, é preciso estabelecer a ligação entre especialização crescente e taxa de crescimento econômico. Aqui, mais uma vez, a explicação passa pelo aprendizado. Segundo Lucas, algumas atividades embutiriam maiores taxas de aprendizado. Assim, a combinação de bens que uma sociedade produziria afetaria sua taxa de acumulação de capital humano e de crescimento. Ora, acabamos de dizer que quanto mais especializado o país se torna mais ele “aprende”, e com isso, maior é a taxa de acumulação de capital humano especializado; deduz-se, então, que mais rapidamente este país deverá crescer.

Vejamos, agora, como a introdução do comércio internacional modifica o que foi dito até aqui. O modelo mais simples de uma economia mundial é aquela que supõe o livre comércio de dois bens finais e onde existe um conjunto de países pequenos, ou seja, que tomam o preço internacional como dado. O preço internacional coincide com o preço interno dos referidos países. Além disso, cada um destes países possui uma dotação inicial do capital humano coerrespondente a cada uma das produções.

O preço internacional p corresponderá à relação h_1/h_2 . Isto ocorre porque trabalhamos sob a hipótese de equilíbrio geral, onde a produtividade marginal dos fatores corresponde a seus preços. Se tomarmos um dos bens como numerário, os preços dos fatores se escreve como $(1, p)$ e a igualdade referida acima se verifica. A figura 2 sintetiza a dinâmica de especialização e crescimento desta economia.

Um país corresponde a um ponto (h_1, h_2) e as curvas de nível representam a concentração de países em vários níveis diferentes de dotação inicial de capital humano. Países que se encontrarem acima da linha de preço, maximizarão o valor da sua produção ao se especializarem

na produção do bem 2. Países abaixo da linha, se especializarão na produção de 1, por razões análogas. Os primeiros estarão produzindo, então, apenas do bem 2, de forma que sua dotação de h_1 permanece inalterada ao passo que estoque de h_2 cresce a uma taxa δ_2 . Os países produtores do bem 1, terão seu h_2 constante e seu h_1 crescendo a uma taxa δ_1 . Assim sendo, as coordenadas de cada país na fig. 2 estão se modificando como indicam as setas. Este movimento intensifica, obviamente, as vantagens comparativas que levou cada um dos países a se especializarem numa direção ou na outra. Mais que isto, na medida em que se alteram as dotações iniciais, se altera também o preço p .

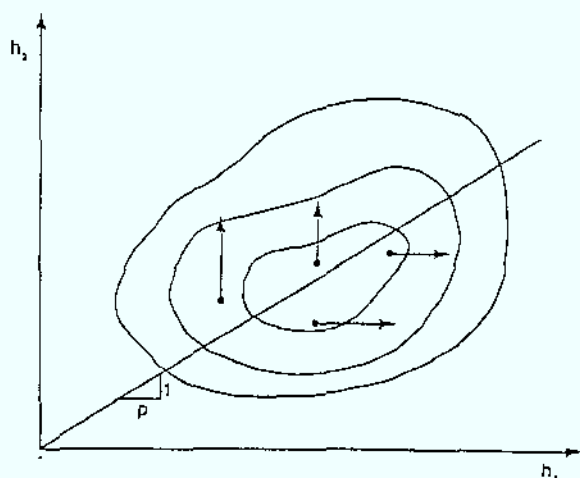


Figura 2: Dinâmica de especialização das economias

A forma como este preço p evolui ao longo do tempo vai depender, por um lado, das taxas de crescimento δ_1 , δ_2 e, por outro, da elasticidade de substituição α .

Com a determinação da evolução temporal de p , as taxas de crescimento do produto em todos os países estarão, também, determinadas. Dito isto, qual país crescerá mais rapidamente? A resposta é simples: aquele que for especializado no bem com maior grau de aprendizado embutido. Em resumo, os países, segundo este modelo, crescem a taxas constantes mas não necessariamente iguais. Isto representa, inegavelmente, um avanço em relação ao modelo anterior, na medida em que explica a divergência dos países não só em relação ao nível do produto mas também em relação às taxas de crescimento deste produto.

Concluindo, este modelo tem em comum com o anterior o fato de ambos preverem taxas de crescimento do produto constantes e endogenamente determinadas. A mais, ele oferece a possibilidade das referidas taxas divergirem, o que não ocorria no modelo anterior. Segundo este modelo, o padrão de produção de cada país seria ditado pelas vantagens comparativas embutidas nas suas dotações iniciais de capital humano: cada país produz aquilo para o que está, inicialmente, mais capacitado.

Existem algumas dificuldades que o autor reconhece em relação a este modelo. Uma delas seria o fato de que a composição da demanda tenderia a se alterar na medida em que a renda crescesse. Isto faria que, com o tempo, surgissem novas vantagens comparativas na produção de outros bens, alterando, conseqüentemente, os padrões de produção e as próprias taxas de crescimento do produto.

Outra dificuldade que aparece está relacionada com a introdução de novos bens na economia e a conseqüente mutação a qual está sujeito o aprendizado contido em cada bem. O autor afirma que incorporar estas mudanças seria uma fronteira de desenvolvimento para a teoria, contudo, ele subentende que todo o fenômeno de mudança tecnológica, porque é disto que se trata, estaria incorporado a novos produtos. Já discutimos amplamente, no primeiro capítulo, o caráter *desembodied* do conhecimento, para termos uma visão crítica da presente leitura.

Por último o autor faz alguns comentários sobre como o modelo aqui apresentado poderia servir para justificar políticas econômicas como a de defesa à indústria emergente. O desenvolvimento desta idéia escapa ao escopo deste trabalho.

1.3) Crescimento e divergência

A razão pela qual o artigo de Lucas se chama “On the *mechanics* of economic development” é bastante clara, e o próprio Lucas observa isto: o que o modelo (ou modelos) apresentado propõe nada mais é que um sistema de equações diferenciais cuja solução descreveria, de forma mais ou menos fiel, o comportamento de algumas variáveis consideradas relevantes para o desenvolvimento econômico.

Dito isto, a grande inovação que Lucas opera, em relação aos modelos de crescimento ótimo apresentados no capítulo anterior, é que nos seus modelos a dinâmica de crescimento da economia seria determinada pelo comportamento de variáveis e parâmetros endógenos ao sistema.

No primeiro modelo proposto por Lucas, a dinâmica do sistema seria tal que, qualquer que fosse a configuração inicial de estoques de capital, físico e humano, verificar-se-ia convergência para as trajetórias ótimas, todavia, o ponto para o qual esta economia convergiria, dependeria das condições iniciais. Assim, economias pobres, ou seja, com baixa renda, permaneceriam pobres apesar da sua taxa de crescimento, no longo prazo, ser igual a das economias inicialmente (e permanentemente) mais ricas. A nível global, cada economia atuando isoladamente apresentaria a mesma taxa de crescimento que as demais e as desigualdades relativas à distribuição de renda entre os países estaria mantida. Observamos que mesmo que haja convergência das taxas de crescimento, as rendas não convergem, como era postulado pela teoria neoclássica do crescimento.

Assim sendo, o primeiro modelo é capaz de explicar diferentes níveis de renda entre os países, mas não dá conta de explicar as diferentes taxas de crescimento que se observam na realidade. O segundo modelo oferece maiores possibilidades de explicação. No segundo modelo, o capital humano está referenciado à produção de um bem de consumo específico, e a sua acumulação se dá através de um processo de *learning by doing*. Se supormos que cada bem possui um potencial específico de acumulação de capital humano, então as mesmas razões que determinam o sentido da especialização da produção num bem ou em outro, ditam também qual tipo de capital humano estará sendo acumulado pois ao se especializar na produção de um bem, uma economia se torna cada vez mais capacitada para produzi-lo. Isto ocorre justamente porque é através do aprendizado ocorrido durante a atividade produtiva que o capital humano é acumulado.

Desta forma, é o conjunto de bens que uma economia produz que determina, em última instância, não somente o seu nível de renda, mas também o seu ritmo de crescimento.

Este segundo modelo abre, então, a possibilidade para a existência de taxas de crescimento bastante diferentes entre os países. Isto representa, sem dúvida, um inegável ruptura com a idéia de convergência das taxas de crescimento. Está aí um importante avanço feito por Lucas.

Todavia, aquilo que queremos destacar, no final desta seção, diz respeito a dois *insights* que o autor tem. Primeiramente, Lucas reconhece a importância de se considerar a mudança tecnológica como um fator determinante do desenvolvimento econômico. Em segundo lugar, se

nos voltarmos para o seu segundo modelo e observarmos o modo como é determinada a liderança no processo de acumulação de capital humano, veremos que o que determina “quem cresce mais rápido” está associado ao tipo de especialização que se tem e que uma vez que se inicie um processo de especialização, este é irreversível. Ora, esta é uma idéia que já exploramos no primeiro capítulo quando discutimos o conceito de *path dependency*. Relembrando, rapidamente, o conceito de *path dependency* está associado à idéia de que uma vez que já se tenha trilhado uma parte, por menor que seja, de uma determinada trajetória tecnológica, as capacitações acumuladas ao longo deste percurso faz com que exista um certo custo para se mudar de trajetória. Desta maneira, ao iniciar uma determinada trajetória, o agente ou a firma estarão, de certa forma, condicionados por esta trajetória. A idéia de irreversibilidade da especialização em Lucas contém grande parte desta idéia mesmo que ele não a formule nesses termos.

Finalmente, do ponto de vista do objetivo colocado inicialmente, podemos concluir que a incorporação do aprendizado no modelo de Lucas tem importantes implicações para as conclusões as quais o autor chega. A divergência das taxas de crescimento entre os países é um resultado da acumulação de capital humano através do *learning by doing*.

2) A “nova” teoria do crescimento econômico: o modelo de Romer

Antes de mais nada é necessário precisarmos o modelo que será abordado nesta seção. O primeiro modelo de crescimento endógeno apresentado por Romer data de 1986. Todavia, optamos por analisar o modelo de Romer de 1990 porque neste último existe uma ampla discussão sobre o caráter específico do conhecimento enquanto bem econômico. Mais que isto, o autor constrói um modelo de concorrência imperfeita onde considera o caráter parcialmente *excludable* do conhecimento.

Assim sendo, o modelo apresentado por Romer em 1990 apresenta um grande interesse tanto do ponto de vista da teoria do crescimento econômico quanto da teoria do conhecimento

Relembrando, vimos no primeiro capítulo que a escola neoclássica considera o conhecimento como sendo um bem público, ou seja, um bem que é, ao mesmo tempo, não-rival e não-*excludable*. Vimos também que esta última era uma condição necessária para que se

mantivessem as condições de concorrência perfeita, dada a não rivalidade. Dito isto, o modelo elaborado por Romer representa, sem dúvida, um grande avanço na medida em que consegue incorporar particularidades do conhecimento que antes eram evitadas. De fato, para se considerar o conhecimento como parcialmente *excludable* é necessário romper com a hipótese de concorrência perfeita, contudo, dentro de um quadro de concorrência imperfeita, os pilares do paradigma neoclássico (equilíbrio e racionalidade substantiva) permanecem intactos.

Dividiremos esta seção em três partes: na primeira, apresentaremos as hipóteses do modelo, sua formulação e indicaremos as principais etapas da solução; na segunda, veremos como o conhecimento aparece neste modelo; e na terceira, abordaremos, mais detalhadamente, a formulação do modelo, o que remete à discussão de como é possível considerar o conhecimento como um bem não totalmente *excludable* dentro do paradigma neoclássico.

2.1) O modelo de Romer

Antes de apresentarmos o modelo propriamente dito, existem algumas considerações que devem ser feitas para que fique claro como Romer vê a questão da endogeneidade do crescimento econômico e de que forma o autor pretende resolver este problema.

O crescimento econômico se tornaria endógeno na medida em que fossem endogeneizadas as fontes de mudança tecnológica. Esta última se daria em função de uma acumulação crescente de conhecimento por parte de agentes econômicos maximizadores.

Uma primeira característica do conhecimento, enquanto fator de produção, é que este possui retornos crescentes de escala, ou seja, o acréscimo de uma “peça” suplementar de conhecimento resulta num aumento mais do que proporcional do produto. Este será um elemento essencial no sentido de garantir a endogeneidade do crescimento econômico.

O ponto central da abordagem de Romer, entretanto, está na forma como ele define o conhecimento: apesar de ser considerado como um bem não-rival, o conhecimento possuiria, para este autor, um certo grau de *excludability*. O conhecimento poderia ser, então, pelo menos parcialmente, objeto de apropriação privada por parte dos agentes numa economia.

Ora, pelo que vimos no primeiro capítulo do presente trabalho, segundo Dasgupta & Stiglitz (1988), a conjunção destas duas características - não rivalidade e *excludability* - levaria a uma situação de monopólio. Este é um dos problemas que Romer se propõe a resolver com o seu modelo.

No modelo considera-se uma economia onde existiriam quatro fatores de produção: capital físico, capital humano, trabalho (não qualificado) e tecnologia¹⁶.

A forma como o capital físico aparece na função de produção é bastante particular e, portanto, deixaremos para discuti-la quando apresentarmos o modelo.

O capital humano, H , seria uma medida do grau de capacitação do agente, resultante do tempo dedicado à coisas como educação formal e/ou *on-the-job training*. Assim sendo, o capital humano é indissociável do indivíduo. A quantidade de capital humano existente numa economia depende do número de indivíduos que a compõe; em outras palavras, a taxa de crescimento de capital humano dependeria diretamente da taxa de crescimento populacional.

Como um dos objetivos de Romer é endogeneizar as fontes de crescimento econômico, o autor considera que todos os elementos exógenos crescem a uma taxa constante e igual a zero. Desta forma, se for verificado crescimento sustentado, este só poderá encontrar suas causas em fatores endógenos. Uma das consequências de tal procedimento é que o capital humano, por estar diretamente relacionado com a população, aparecerá como um componente fixo do modelo.

Antes de prosseguirmos, chamamos a atenção para a diferença que existe entre o conceito de capital humano aqui apresentado e aquele visto anteriormente no modelo de Lucas. Aqui o capital humano é um fator de produção que existe em quantidades fixas, não podendo, portanto, ser acumulado indefinidamente. Já no modelo de Lucas, o capital humano cresce a uma taxa constante, o que o tornava o fator responsável pela endogeneização do crescimento econômico. Em outras palavras, para Lucas era a acumulação indefinida de um dos fatores de produção que era responsável pela endogeneidade do crescimento econômico; para Romer este não é o caso, como veremos mais adiante.

No modelo de Romer, a economia está dividida em três setores: o setor de pesquisa, o setor produtor de bens de produção duráveis e o setor produtor de bens finais. O setor de pesquisa utiliza como insumos, na produção de conhecimento novo, o capital humano e o estoque de

¹⁶ O que chamamos de tecnologia seria, na verdade, um índice do nível de tecnologia vigente.

conhecimento já existente. Este setor produz *designs* para a produção de novos bens de capital. O setor de bens de produção duráveis utiliza, além de outros insumos básicos, os *designs* produzidos pelo setor de pesquisa para a fabricação de bens de produção duráveis. Estes bens, por sua vez, se encontrarão a disposição do setor de bens finais que os utiliza, juntamente com trabalho e capital humano especializado, para a sua produção.

Observe que, segundo a divisão feita acima, um novo conhecimento está associado ao *design* de um novo produto¹⁷. Um outro aspecto que deve ser enfatizado é que os insumos utilizados para a produção de um novo conhecimento são: o capital humano e o nível global de conhecimento existente na economia. Capital e trabalho não são utilizados em nenhum grau.

Confrontemos o que foi apresentado até aqui com as características básicas do conhecimento para Romer.

O autor não considera que os setores descritos acima se insiram, todos, num ambiente de concorrência perfeita. Em particular, há *price-taking* e concorrência perfeita no setor produtor de bens finais, mas não no setor produtor de bens de produção duráveis, onde aparece a relevância do conhecimento. Neste último setor, a *excludability* do conhecimento aparece no momento em que a firma patenteia um uso específico para um novo *design* produzido. Ao fazê-lo, a firma passa a ser a única capaz de produzir aquele bem de produção específico e de usufruir dos benefícios gerados pela sua produção e comercialização. Estes benefícios, que assumem a forma de um fluxo de rendimentos, servem, assim, de incentivo para a produção privada de conhecimento. Observe que, segundo o raciocínio apresentado acima, cada *design* passa a ser monopólio do proprietário da sua patente.

Por outro lado, existe uma parte do conhecimento que não é *excludable*, que se manifesta na sua utilização, não passível de controle pela firma patenteadora, para a produção de novos *designs*. Em outras palavras, o conhecimento resultante da produção de um *design* está sujeito a um processo de *spillover* total, a não ser pelo uso específico que foi patenteado pela firma.

Desta forma, através da construção do seu modelo de três setores, Romer consegue dar conta das especificidades do conhecimento e da sua produção privada, através de P&D, por um lado, sem recair numa situação de monopólio total do conhecimento como era previsto por

¹⁷ Veremos, mais adiante, que ao mesmo tempo que é possível fazer uma associação entre *design* e bens de produção duráveis, esta associação não é completa uma vez que estas categorias diferem bastante no que tange a sua apropriabilidade por agentes privados.

Dasgupta & Stiglitz (1988), por outro. Ao contrário, o conhecimento difunde-se para o conjunto da economia em função do fato de que também possui uma dimensão não-*excludable*.

Feitas estas observações, podemos passar a formulação do modelo, propriamente dito.

A função de produção, neste modelo, possui um caráter bastante particular devido à forma que assume o capital físico utilizado na produção de bens finais. O capital físico aparece não como um insumo homogêneo mas como um conjunto contínuo de bens de produção duráveis, diferenciados. Ora, vimos que os bens de produção duráveis são produzidos a partir de *designs* desenvolvidos pelo setor de pesquisa; assim sendo, quanto mais produtivo for este último setor maior será o número de bens de produção duráveis, o que equivale dizer que maior será o capital físico disponível para a produção de bens finais. Paralelamente a este crescimento do capital físico, ocorre um simultâneo crescimento do conhecimento disponível (novos *designs*). Discutiremos as implicações disto mais adiante.

Por enquanto, escrevamos a função de produção que é essencialmente uma função do tipo Cobb-Douglas:

$$Y(H_p, L, x_i) = H_p^\alpha L^\beta \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta} di \quad (3.16)$$

Especifiquemos o significado das variáveis que aparecem na equação acima. A variável H_p corresponde à parte do capital humano especializado na produção de bens finais¹⁸. A variável L corresponde ao trabalho e x_i é o i -ésimo bem combinado na produção. O limite de integração A representa o conjunto total de bens de produção disponíveis num dado momento, ou seja, o estoque total de conhecimento existente. Esse estoque se amplia à medida que o setor de pesquisa desenvolve novos *designs*.

Dissemos, anteriormente, que a produtividade do setor de pesquisa iria depender da quantidade de capital humano dedicado à pesquisa e do nível de conhecimento existente. Em outras palavras, estes elementos condicionariam o ritmo de crescimento do conhecimento disponível. Dito

¹⁸ O capital humano H se divide em capital humano especializado na produção de novo conhecimento, H_p , e em capital humano especializado na produção de bens finais.

isto, podemos escrever uma equação que descreve a dinâmica de acumulação de conhecimento nesta economia:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (3.17),$$

onde δ é um parâmetro de produtividade.

A equação 3.17 nos permite fazer algumas afirmações básicas. A primeira é que quanto mais capital humano for dedicado à pesquisa maior será a taxa de produção de novos *designs*, e com isso, maior será a taxa de acumulação de conhecimento por esta economia. A segunda é que quanto maior for o estoque de *designs* e o nível de conhecimento disponível, maior será a produtividade do setor de pesquisa. A última afirmação só pode ser verdadeira se supomos que cada novo conhecimento, ao ser produzido, passa a estar, de alguma forma, à inteira disposição de todos os agentes da economia¹⁹.

Uma outra observação que deve ser feita diz respeito à forma específica que assume (3.17). Trata-se de uma função linear em A . Quando discutimos o modelo de Lucas já tínhamos visto que esta linearidade, longe de ser fortuita, aparecia como elemento decisivo no sentido de garantir a sustentabilidade do crescimento econômico. Feita esta observação, podemos retornar ao modelo de Romer.

Temos, até agora, a função de produção que é dada por (3.16) e a restrição colocada pela dinâmica de acumulação de capital humano dada por (3.17). Para termos condições de formular o problema de maximização tal e qual ele se coloca para o produtor de bens finais, é necessário ainda fazermos algumas considerações sobre os preços dos bens de produção duráveis x_i utilizados na produção, que constituem a restrição de custo com a qual o produtor se depara. Por outro lado, o setor produtor de bens de produção duráveis se depara com os preços dos *designs* que ele utiliza na sua própria produção.

A hipótese feita inicialmente é que qualquer novo *design* possui um preço constante e igual à P_d . O comportamento do setor produtor de bens finais, por sua vez, pode ser descrito por uma

¹⁹ Na verdade, apesar de um novo *design* ser utilizado na produção de um bem de produção durável específico para o qual ele foi criado, a firma que o adquiriu não pode privar as demais de nele se inspirarem para a criação de novos *designs*. Neste sentido, e neste sentido apenas, o novo *design* está à inteira disposição de todos. Discutiremos esta questão melhor mais adiante.

firma representativa tomadora de preços no mercado. É somente ao analisar o equilíbrio no setor de bens de produção duráveis que aparecem os elementos de concorrência imperfeita no modelo.

Ao adquirir um certo *design* junto ao setor de pesquisa, um determinado produtor do setor de bens de produção duráveis, digamos aquele que produz o bem i , não pode impedir os demais produtores do setor de terem acesso ao conhecimento embutido no referido *design*²⁰. Todavia, este setor pode impedir que os demais produtores façam uso deste *design* para a produção daquele bem i específico, o que pode ser feito através de um mecanismo de patentes.

Isto faz com que a firma produtora do bem i usufrua de um certo poder de monopólio associado ao fato de ser a única capaz de fornecer este bem para o setor de bens finais. Ora, como cada novo *design* está associado, neste modelo, à produção de um bem específico, todo e qualquer produtor do setor de bens de produção duráveis usufrui de algum poder de mercado e das quasi-rendas que ele gera. Como serão determinados, então, os preços dos bens de produção duráveis?

Cada produtor de bens de produção duráveis vai fixar o preço do seu bem, $p(i)$, de acordo com o princípio de maximização no momento em que inicia a produção. Para fazê-lo, o produtor considera como dados: o preço de novos *designs* P_A , o preço dos insumos utilizados²¹, e a taxa de juros r que atualiza o valor das rendas que ele projeta auferir em função do poder de mercado que possui.

O problema de maximização do produtor de bens finais deve levar em consideração, portanto, tanto as especificidades da função de produção, dada pela equação 3.16, quanto a restrição colocada pelos preços dos bens de produção duráveis que ele utiliza e que são determinados exogenamente (em relação ao seu mercado). Assim sendo, podemos formular esse problema da seguinte forma:

$$\max_x \int_0^A [H_y^\alpha L^\beta x(i)^{1-\alpha-\beta} - p(i)x(i)] di \quad (3.18)$$

²⁰ Observamos que o *design* e a manufatura de um novo bem podem ocorrer dentro de uma mesma firma, e normalmente é isto que ocorre. Contudo, é mais fácil descrever o equilíbrio quando o setor de pesquisa é tratado como um setor separado e os *designs* são transferidos entre setores a um preço específico.

²¹ Estes insumos são medidos em termos do valor dos bens de consumo que deixaram de ser produzidos para que aquele novo bem intermediário seja produzido.

Diferenciando o integrando, obtemos:

$$p(i) = (1 - \alpha - \beta)H_y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta} \quad (3.19)$$

A equação acima nos dá a função de demanda com a qual o produtor de bens finais se depara. É esta curva de demanda que cada um destes produtores toma como dada quando procura determinar o preço que maximiza o seu lucro.

Se considerarmos, agora, que todos os setores podem ser encontrados numa mesma firma, a formulação do problema de maximização pode ser apresentada da seguinte forma: ao se defrontar com valores dados dos insumos e tendo incorrido em custos fixos ao investir na compra de novos *designs*, a firma deve escolher a quantidade x a ser produzida de forma a maximizar a sua receita e minimizar os seus custos.

O custo que a firma terá que incorrer é o custo de produção de uma unidade de bem produzido multiplicado pelo volume global da produção. Inicialmente, o autor faz uma associação direta entre o custo de produção de bens finais e o custo de produção de bens de produção. Em seguida, ele supõe que a parcela da renda não consumida, K , é integralmente utilizada para a produção de bens de produção duráveis e, por conseguinte, para a produção de bens finais. Desta forma, o custo unitário de um bem final qualquer seria dado por K dividido pelo número total de bens existentes numa economia. Denota-se este custo unitário por η .

Uma última ressalva que deve ser feita é que este custo deve incluir ainda a taxa de retorno do capital, r . Formalmente, os custos poderiam ser escritos como: $C = r\eta x$.

A função lucro que a firma terá que maximizar é dada, portanto, por:

$$\pi = p(x)x - r\eta x \quad (3.20)$$

Combinando 3.19 e 3.20, obtemos:

$$\pi = (1 - \alpha - \beta)H_y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} - r\eta x \quad (3.21)$$

Ao maximizarmos a equação acima em relação a x , obtemos o valor do que Romer chama de preço de monopólio, que é dado por:

$$\bar{p} = \frac{r\eta}{1 - \alpha - \beta} \quad (3.22)$$

Inserindo este resultado em 3.20, encontramos também o fluxo de lucros extraordinários do qual se beneficia o produtor:

$$\pi = (\alpha - \beta)\bar{p}\bar{x} \quad (3.23)$$

As equações 3.22 e 3.23 definem o equilíbrio de longo prazo do ponto de vista do produtor.

Para fechar o modelo é necessário, também, analisar o problema sob a ótica do consumidor. As preferências dos consumidores são descritas por uma função de utilidade intertemporal idêntica a utilizada por Lucas no seu modelo:

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{1}{1 - \sigma} [c(t)^{1 - \sigma} - 1] \cdot N(t) dt$$

O comportamento do consumidor é, também, o de um agente racional maximizador, de forma que ele maximizará sua utilidade ao longo de seu horizonte de planejamento.

Antes de passarmos a discutir as implicações do modelo do ponto de vista do aprendizado e do conhecimento, é importante frisar alguns aspectos do modelo.

Primeiro, o equilíbrio, neste modelo, corresponde inteiramente à idéia neoclássica de compatibilização dos equilíbrios dos produtores e consumidores. O nível de produção desta economia assim como a sua taxa de crescimento descrevem, desta forma, uma situação de equilíbrio onde consumidores e produtores alcançam simultaneamente um nível máximo de bem estar. Isto ocorre mesmo sob a hipótese de que os produtores, em equilíbrio, possuem um certo poder de mercado, ou seja, desfrutam da capacidade de fixar preços acima dos competitivos. No modelo, este poder de mercado é garantido por um sistema de patentes que permite ao produtor se

apropriar privadamente dos benefícios advindos de um maior nível de conhecimento acumulado pela economia.

Em segundo lugar, é importante não perder de vista um dos objetivos centrais do autor, que é o de endogeneizar o crescimento econômico através da endogeneização do progresso técnico. Existem duas questões que estão colocadas aí: a sustentabilidade do crescimento, por um lado, e sua endogeneidade, por outro. A dinâmica particular de acumulação de conhecimento, dada pela equação 3.17, implica que o setor de pesquisa apresenta retornos crescentes, i. e., quanto maior for o volume de recursos dedicados à pesquisa maior será a produtividade deste setor. Desta forma, tanto a questão da sustentabilidade quanto a questão da endogeneidade ficam resolvidas.

Tecidas estas considerações, passemos à discussão do aprendizado e do conhecimento procurando identificar as principais hipóteses que são feitas, assim como as suas implicações.

2.2) Conhecimento e Aprendizado Formal

Sabemos que o conhecimento desempenha um papel absolutamente central na formulação de Romer sobre o crescimento econômico: em última instância, é nele que se baseia a endogeneidade e a sustentabilidade do crescimento. Vejamos, então, em maior detalhe, quais são as hipóteses feitas sobre a acumulação de conhecimento.

Antes de mais nada, é importante especificar quem é o agente que acumula o conhecimento e de que forma este é acumulado. O setor de pesquisa é, naturalmente, o setor que acumula conhecimento. Todavia, se considerarmos que o setor de pesquisa é um setor da firma produtora de bens finais, podemos fazer uma pequena extrapolação e afirmar que o agente econômico que acumula conhecimento na economia é, em última instância, a firma representativa. Este fato vai assumir grande relevância quando discutirmos a questão da apropriabilidade do conhecimento na próxima seção.

Uma segunda consequência de se considerar que um novo conhecimento corresponde a um novo *design* e que este é desenvolvido por um setor de pesquisa, é que o conhecimento é acumulado a partir de uma ação voluntária do agente neste sentido. O agente, no modelo de Romer, decide destinar uma parte do seu capital humano para a atividade de pesquisa.

Assim sendo, é possível supor que existe aprendizado por parte do agente; todavia, este aprendizado possui um caráter formal na medida em que é objeto de decisão e planejamento. Sabemos que o aprendizado formal também está sujeito à cumulatividade, de modo que, mesmo que o autor não explicita esta idéia, podemos responsabilizar o aprendizado embutido na atividade de pesquisa, pelo menos em parte, pela ausência de retornos decrescentes que assume o conhecimento no modelo analisado.

O aprendizado informal, ao contrário, é definido como sendo um subproduto de uma outra atividade. No caso do *learning by doing*, este resultaria da própria atividade produtiva.

Como conclusão preliminar poderíamos dizer que, diferentemente do que constatamos no modelo de Lucas, o aprendizado informal não desempenha nenhum papel relevante no modelo de Romer.

Paralelamente, é possível fazer uma interpretação do caráter não decrescente da produtividade marginal do conhecimento em termos do conceito de aprendizado, como é feito por Arrow (1962). Esta possibilidade é identificada por Romer (1986) quando este discute as origens históricas dos modelos de crescimento. Neste artigo, Romer identifica em Arrow (1962) um dos precursores da idéia de que o conhecimento não apresentaria produtividade marginal decrescente.

No modelo de Arrow, contudo, isto ocorria em função das características de bem público atribuídas ao conhecimento; ou seja, devido ao seu caráter não-rival e não-*excludable*, todo novo conhecimento desenvolvido se encontraria, automaticamente, à disposição de todos os agentes de uma economia. Em outras palavras, a produtividade do conhecimento não decresceria ao longo do tempo em função de externalidades positivas resultantes de um processo de total *spillover* do conhecimento novo produzido.

Uma questão que resultava deste raciocínio era: qual o incentivo que teria um agente racional e maximizador para produzir conhecimento novo na medida em que ele não poderia se apropriar, nem parcialmente, dos benefícios advindos da utilização deste novo conhecimento? A resposta de Arrow a esta questão é que o conhecimento novo seria produzido de forma involuntária através de um processo do tipo *learning by doing*. Vários destes pontos já foram levantados no primeiro capítulo deste trabalho; o objetivo de recolocá-los agora é o de procurar identificar no trabalho de Romer porque não existe nenhuma associação explícita entre a produtividade não decrescente do conhecimento e algum tipo de aprendizado.

Romer, assim como Arrow, justifica o caráter não decrescente da produtividade do conhecimento com base no seu *spillover*. Todavia, um dos grandes avanços operados por Romer diz respeito à sua capacidade de considerar o conhecimento como um bem parcialmente *excludable*, se contrapondo à visão de Arrow que considera o conhecimento como um bem público. Dito isto, o *spillover* do conhecimento no modelo de Romer se dá em função dele ser um bem não-rival, apesar de ser *excludable*. Assim sendo, para Romer, o caráter não decrescente da produtividade do conhecimento não deriva do aprendizado informal, como no modelo de Arrow.

No modelo de Romer, o crescimento econômico se baseia, em última instância, na capacidade que a economia tem de criar novos produtos. Esta idéia aparece explicitamente na formalização da função de produção²².

Diferentemente do modelo de Lucas, o progresso técnico em Romer não é visto como um subproduto resultante de acumulação de um determinado fator, no caso de Lucas, o capital humano. Ao contrário, o progresso técnico, e por conseguinte o crescimento, é visto como o resultado de uma atividade específica: a pesquisa.

Observe que o que foi colocado acima não é uma afirmação trivial. No primeiro capítulo dissemos que um grande avanço havia sido feito quando o conhecimento passou a ser incorporado em modelos de crescimento econômico. Vimos que Arrow (1962) conseguiu incorporar o conhecimento sem romper com a hipótese de concorrência perfeita. Para isto, considerou o conhecimento como um bem público e considerou que existia um *spillover* total de qualquer conhecimento novo produzido para todos os agentes da economia.

Um problema que aparecia imediatamente desta leitura dizia respeito ao estímulo para a produção privada de conhecimento. Arrow respondeu com a introdução do conceito de *learning by doing*. Um segundo problema que foi sendo colocado se referia ao próprio conceito de conhecimento: este era visto como um bem público, ou seja, era não-rival e não-*excludable*. Apesar de existir um certo consenso em torno da idéia de que o conhecimento é um bem não-rival, existia, e existe até hoje, uma grande polêmica em relação a considerá-lo como um bem não-*excludable*.

²² É possível supor, entretanto, que, de alguma forma, este efeito do aprendizado informal pode estar presente no fato de que, à semelhança de Arrow (1962), e a produção contínua de novos bens de capital que impede que haja retornos decrescentes. Todavia, é importante ter em mente que, além de Romer não fazer nenhuma referência explícita a este tipo de efeito, o aprendizado informal não é o seu objeto de análise.

Feitas estas considerações gerais sobre o conhecimento para Romer, vejamos, numa próxima seção, de que forma específica estas considerações aparecem no modelo.

2.3) Características do conhecimento e crescimento econômico

Vimos que, no modelo de Romer, existem alguns elementos específicos que garantem a sustentabilidade do crescimento no longo prazo. Em particular, a função de produção, dada por (3.16), possui uma forma estrutural tal que, quanto maior for a variedade de bens de produção duráveis à disposição do produtor de bens finais, maior será a produtividade deste último setor. Por outro lado, uma maior quantidade de bens de produção duráveis está associado diretamente à produção do setor de pesquisa.

Assim sendo, a produtividade do setor de bens finais e o crescimento do produto como um todo dependem, em última instância, da dinâmica de produção de conhecimento novo que ocorre no interior do setor de pesquisa.

Vimos que a dinâmica do referido setor é dada pela equação (3.17), que reescrevemos abaixo:

$$\dot{A} = \delta H_A A$$

A linearidade em A é o que torna possível a manutenção de um crescimento sustentado no longo prazo. Para compreendermos totalmente a importância da hipótese de linearidade, suponhamos momentaneamente que a equação (3.17) apresentasse uma função decrescente em A . Neste caso, a produtividade marginal do capital humano no setor de pesquisa seria decrescente e, à medida em que A crescesse, o capital humano antes utilizado para a produção de conhecimento se deslocaria progressivamente para o setor produtivo.

A consequência disto seria uma desaceleração da taxa de crescimento na medida em que levariam a uma produção cada vez menor de novos bens de produção duráveis que limitariam, por sua vez, o espectro de possibilidades de combinação para a produção de bens finais. Dito de outra forma, quanto menor for o número de bens de produção duráveis utilizados na produção de bens

finais, menor será o conhecimento acumulado pela economia. Como um menor acúmulo de conhecimento se reflete numa queda de produtividade, menor tenderá a ser a taxa de crescimento da referida economia.

De acordo com o raciocínio desenvolvido até aqui, o próprio autor reconhece que a sustentabilidade do crescimento é mais uma suposição que um resultado. Esta "suposição" não aparecia de forma clara no modelo de 1986. Neste artigo o autor dizia que, diferentemente do capital físico, a produção de um conhecimento novo apresentava rendimentos decrescentes de escala. Em outras palavras, dado um estoque de capital num determinado momento, a simples duplicação dos "fatores" que levaram a descoberta de um novo conhecimento não permitiriam a duplicação da quantidade de conhecimento novo produzido.

Esta hipótese de rendimentos decrescentes de escala na produção de um novo conhecimento é, como já vimos, incompatível com a idéia de que o conhecimento cresce sem limites. Ora, esta é uma característica imprescindível para a endogeneização do progresso técnico e, por conseguinte, do crescimento econômico. Podemos concluir, então, que Romer é forçado a abrir mão da hipótese de rendimentos de escala decrescentes para sustentar a endogeneidade do crescimento. De fato, ele o faz ao afirmar: "...*there is no evidence from recent history to support the belief that opportunities for research are diminishing.*" (Romer, 1990).

A discussão sobre o conhecimento não se limita, porém, às considerações feitas até aqui sobre a sua dinâmica de acumulação. De fato, ao se analisar a forma como novos conhecimentos são acumulados pelas firmas ao longo do tempo, estamos supondo, antes de mais nada, que estes novos conhecimentos estão sendo produzidos continuamente por alguém. Recapitulando, Romer divide a economia em setores e responsabiliza um destes setores, o de pesquisa, pela produção de novos *designs*, que nada mais são que a materialização do novo conhecimento produzido. Voltamos, assim, a uma questão já abordada na seção anterior: qual o estímulo que a firma tem para manter um setor de pesquisa voltado exclusivamente para a descoberta e desenvolvimento de novos conhecimentos?

A solução que é dada por Romer à esta questão determina, em última instância, o principal aspecto do seu modelo, que o diferencia dos demais. Por outro lado, esta solução depende diretamente das características que o conhecimento tem para Romer.

A característica crucial do conhecimento é o seu caráter pelo menos parcialmente *excludable*. Se supomos que o produtor de um novo conhecimento possui mecanismos para impedir o seu uso indiscriminado por qualquer agente numa economia, estamos supondo, ao mesmo tempo, que este produtor possui mecanismos que permitem que ele se aproprie privadamente pelo menos de uma parte do conhecimento novo produzido, assim como dos benefícios resultantes do seu uso.

Uma primeira questão que pode ser colocada é: quais são os mecanismos utilizados pela firma para se apropriar privadamente de um novo conhecimento produzido?

O mecanismo que define a apropriabilidade do conhecimento, enquanto bem económico, é o mecanismo de patentes. Contudo, como patentear algo tão abstrato como o conhecimento?

Vimos que, no modelo de Romer, um novo conhecimento assume a forma de um novo *design*. Este novo *design* está, por sua vez, direta e unicamente, associado à produção de um bem específico. O objeto da patente é, então, o uso específico que é dado ao novo *design*. Se a firma que desenvolveu este novo *design* tiver patentado o *design* para a produção de um bem x_k , qualquer, nenhuma outra firma poderá produzir ou comercializar x_k sem a permissão da firma patenteadora.

Por outro lado, outras firmas são livres para “estudar” novas aplicações para o conhecimento envolvido na produção do *design* de x_k . Ao fazê-lo, talvez a firma se torne capaz de desenvolver um *design* para a produção de x_j . Em outras palavras, a firma produtora de x_k não tem como impedir a firma produtora de x_j de aprender a partir do *design* de x_k .

O resultado disto é que, os benefícios derivados do primeiro uso de um novo *design* são passíveis de total apropriação por parte da firma patenteadora, ao passo que os demais benefícios gerados não são passíveis de nenhum tipo de apropriação. Em termos gerais, temos que conhecimentos (*designs*) não-rivais são pelo menos parcialmente *excludables*.

Podemos, então, responder à questão colocada anteriormente sobre os incentivos para a produção privada de conhecimento: é a possibilidade de auferir lucros extraordinários, resultantes do direito *excludable* de produzir e comercializar um determinado bem, que estimula uma produção crescente de conhecimento pelos agentes privados. A firma passa, então, a ter todo o incentivo para investir em P&D justamente porque, neste caso, ela pode se apropriar totalmente dos ganhos advindos da utilização direta de um novo conhecimento desenvolvido por ela.

Observe que o que acabamos de dizer tem profundas implicações do ponto de vista do padrão de concorrência que se considera. Se a firma, ao produzir novos *designs*, tem a possibilidade de obter lucros extraordinários, então não estamos mais trabalhando num ambiente de concorrência perfeita, onde o lucro é, por definição nulo. No modelo desenvolvido por Romer, a firma está inserida num contexto de concorrência imperfeita.

Uma questão que poderíamos nos colocar, então, é se paralelamente ao crescimento econômico não se verificaria um processo de concentração industrial. Apesar de Romer não fazer nenhuma referência explícita a este problema, acreditamos que ele o resolva na medida em que considera uma função de produção onde nenhum bem intermediário é um substituto próximo de outro. Vejamos melhor quais as implicações desta hipótese.

Se não existe substituição possível entre os bens de produção duráveis, isto quer dizer que todos estes últimos são igualmente necessários ao setor produtor de bens finais, ou seja, todos os bens de produção duráveis possuem a mesma utilidade marginal *vis-à-vis* o processo produtivo. Todavia, cada bem intermediário é produzido por uma firma específica, o que significa que cada firma está inserida num mercado onde ela é a única produtora. Ora, se cada firma é única no seu mercado específico, configura-se, desde o início, uma situação de monopólio.

Desta forma, o crescimento econômico seria acompanhado por um processo de infinita ampliação do mercado global com base no aumento do número de mercados específicos existentes na economia: e não por um aumento do tamanho das empresas de um mercado e/ou por uma diminuição do seu número, situação esta que corresponderia a um processo de concentração industrial.

Concluindo, a endogeneidade do crescimento econômico, no modelo de Romer, vai depender, em última instância, da dinâmica de acumulação à qual está sujeito o conhecimento. Desta forma, o crescimento da economia como um todo é resultante, por um lado, dos rendimentos marginais crescentes ao quais está submetido o setor de pesquisa e, por outro, da produtividade marginal crescente que o conhecimento tem no processo produtivo. Além disso, um conhecimento novo aparece, neste modelo, como resultante de uma ação voluntária da firma no sentido de desenvolvê-lo, e não como um subproduto de outras atividades, obtido de forma involuntária.

Um outro aspecto particular da abordagem de Romer é que o crescimento se dá num ambiente de concorrência imperfeita onde se observa uma contínua expansão do mercado global sem que se verifique, no entanto, um processo de concentração industrial. A importância desta suposição sobre o padrão de concorrência no qual está inserida a firma reside no fato de que ela permite a incorporação do caráter não-*excludable* do conhecimento dentro do paradigma neoclássico.

CAPÍTULO 4

UMA ABORDAGEM EVOLUCIONISTA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO

Introdução

Uma questão que se coloca desde logo diz respeito àquilo que chamamos de “abordagem evolucionista”, já que existe um vasto conjunto de autores, cujas idéias nem sempre convergem, que se identificam como evolucionistas. Como já vimos, o enfoque do crescimento econômico centrado na questão da mudança tecnológica não é suficiente para se definir uma determinada abordagem como evolucionista: afinal, ambos os modelos tratados até aqui incorporam o progresso técnico na função de produção como princípio básico para a endogeneização e a sustentabilidade do crescimento.

Para encurtar uma discussão que além de controversa não é muito objetiva, consideraremos que uma abordagem evolucionista trabalha sobre três hipóteses distintivas, colocadas inicialmente por Nelson & Winter (1982). Estas hipóteses seriam: a) as interações entre os agentes econômicos, sejam eles individuais ou coletivos, se dão fora de uma situação de equilíbrio; b) os agentes econômicos são heterogêneos e dotados de uma racionalidade restrita que nem sempre implica num comportamento maximizador mas, muitas vezes, na rotinização do processo de tomada de decisões; e c) o mercado e as instituições funcionam como mecanismos de seleção de inovações radicais ou graduais, de produto ou processo. Além disso, considera-se que o processo inovativo

está sujeito a algumas propriedades específicas: a cumulatividade, a oportunidade, a apropriabilidade e a dependência do caminho adotado (*path dependence*).

São vários os modelos de crescimento econômico que, de uma forma ou de outra, levam em consideração os princípios referidos acima. O presente capítulo tratará de um modelo apresentado por Dosi, Fabiani, Aversi, & Meacci (1994) onde se discute a dinâmica de diferenciação internacional no que diz respeito ao crescimento. Neste modelo, uma das questões centrais será a análise dos determinantes da convergência ou divergência nos níveis e taxas de crescimento da renda nacional entre diversos países, o que pressupõe, evidentemente, a busca dos elementos determinantes, assim como dos processos através dos quais foram gerados os diferentes padrões de desenvolvimento que observamos.

Há muito tempo, historiadores econômicos vêm insistindo sobre a importância da mudança tecnológica e institucional como elementos moldadores do padrão de desenvolvimento de um país. Também é plenamente aceito que fatores específicos aos países, que vão desde especificidades geográficas até eventos políticos, devem ser igualmente considerados. Além disso, alguns ainda apontam para a importância da acumulação de capital e da dinâmica interativa entre performance comercial e crescimento econômico.

Apesar da teoria, no seu estado atual, capturar apenas alguns dos elementos considerados como de especial relevância para o desenvolvimento, o conhecimento é, entretanto, um elemento que vêm sendo tratado pela quase totalidade dos recentes modelos de crescimento econômico. Em particular, vimos, nos capítulos anteriores, que a abordagem neoclássica tem incorporado o conhecimento à função de produção seja como uma externalidade, seja como objeto de acumulação sob a forma de capital humano (Lucas, 1988), seja como o resultado da decisão de produção de um bem de produção durável específico (Romer, 1990).

O aprendizado, enquanto forma de aquisição de conhecimento, também tem sido alvo de diversas tentativas de modelagem. Relembramos que, no modelo de Lucas, o aprendizado aparecia como um mecanismo que explicava a divergência de trajetórias de crescimento que eram, no entanto, sempre equilibradas.

Podemos estimar que uma abordagem evolucionista do crescimento econômico tenha, pelas próprias características colocadas anteriormente, uma forma alternativa de incorporar o conhecimento e o aprendizado. Em particular, essa abordagem analisa as propriedades dinâmicas

de sistemas econômicos, originadas em processos de aprendizado, sem pressupor um equilíbrio geral. Ao contrário da escola neoclássica, a abordagem evolucionista considera que a alocação ótima de recursos nada mais é que um resultado imperfeito de um processo de inovação, imitação e difusão tecnológica. O resultado do que acaba de ser dito é que, ao invés de considerar trajetórias de crescimento equilibrado, a abordagem evolucionista se propõe a explicar uma grande variedade de padrões de crescimento de convergência e divergência como, por exemplo, *catching up*, *falling behind* e *overtaking*.

Feitas estas considerações preliminares, organizaremos o presente capítulo da seguinte forma: numa primeira seção, apresentaremos, brevemente, os principais fatos da economia atual que devem ser explicados ou captados por um modelo de crescimento econômico. Numa segunda seção, discutiremos as principais hipóteses feitas sobre o processo de inovação tecnológica e quais suas implicações para as regras de decisões microeconômicas adotadas. Numa terceira seção, discutiremos como a abordagem evolucionista vê o processo de concorrência entre as firmas e como este processo condiciona o próprio comportamento das firmas. Numa quarta seção, faremos a apresentação do modelo de Dosi, Fabiani, Aversi & Meacci (1994). Finalmente, numa última seção, identificaremos as conclusões que o modelo permite tirar sobre os diferentes padrões de crescimento entre os países. Veremos também, nesta seção, como o aprendizado aparece no modelo e de que forma ele é determinante das conclusões às quais o modelo chega.

1) Os “fatos estilizados” da economia contemporânea

Idealmente, um modelo de crescimento deveria explicar (ou pelo menos ser compatível com) alguns fatos da economia contemporânea que foram denominados por Kaldor (1957) de “fatos estilizados”. Fatos estilizados se referem a comportamentos razoavelmente regulares que algumas variáveis chaves da economia apresentam. Podemos identificar tais regularidades tanto no nível macroeconômico quanto no microeconômico.

O objetivo desta seção é apenas de apresentar, brevemente, algumas dessas regularidades. A razão para fazê-lo é que consideramos que é importante ter em mente um quadro de referência

por elas, antes de discutirmos qualquer aspecto do modelo de crescimento econômico que apresentaremos mais a frente.

A apresentação que se segue se baseia no trabalho de Dosi & Chiaromonte (1992).

No nível macroeconômico, uma regularidade que pode ser facilmente identificada é que a economia apresenta um comportamento cíclico. Fases de ascensão são interrompidas por crises e seguidas por períodos de depressão. Observam-se, portanto, descontinuidades nas taxas de crescimento médio do produto e da produtividade do trabalho. Apesar do que acaba de ser dito, a produção por unidade de trabalho cresce a um ritmo relativamente estável por períodos bastante longos, o mesmo ocorrendo com a renda *per capita*.

Um outro fato estilizado é que o nível e a taxa de crescimento do produto, assim como da produtividade do trabalho, variam bastante de um país a outro. Não é possível, contudo, identificar uma tendência sistemática no que diz respeito aos coeficientes de capital, nem correlações sistemáticas entre estes coeficientes e o nível de desenvolvimento de cada país.

Por último, níveis importantes de desemprego podem persistir por períodos bastante longos.

Já no nível microeconômico, constatamos que o processo inovativo, seja ele referente à inovação de produtos ou de processos, se dá, em grande medida, no interior da firma. Em particular, inovações, tanto de produto quanto de processo, tendem a surgir a partir de atividades de P&D ou através de mecanismos de aprendizado menos estruturados do tipo *learning by doing*, *learning by using* ou *learning by interacting*.

Observa-se, também, que diferentes firmas (e países) apresentam diferenças sistemáticas quanto a sua capacidade de inovação e imitação.

No que se refere ao padrão de concorrência, existem várias outras formas de interação entre as firmas no mercado, ou entre os países no mercado global, diferentes da concorrência perfeita. Mais que isto, de acordo com o padrão de concorrência que se considera, diferentes estruturas de mercado podem ser conformadas.

A estrutura de mercado é endógena ao processo de inovação e de concorrência entre as firmas. Do ponto de vista global, a inserção de um país no cenário internacional dependerá, em última instância, da sua capacidade de inovar em relação aos demais países.

A partir de agora, tendo em mente o quadro de referência que acabamos de delinear, vejamos quais são as principais hipóteses feitas sobre o processo de inovação tecnológica e quais suas implicações para as regras de decisões microeconômicas adotadas.

2) Inovação e racionalidade restrita.

Segundo a abordagem evolucionista, o processo inovativo possui algumas características que determinam a forma como as decisões são tomadas pelos agentes numa economia. Na primeira parte da presente seção nos dedicaremos a explorar as características da inovação que consideramos mais relevantes. A seguir, veremos de que forma estas características implicam um modo específico de tomada de decisão, inserido num contexto de racionalidade restrita.

2.1) Características do processo inovativo

Uma primeira constatação feita pela abordagem evolucionista, é que a própria faculdade de inovar depende da existência de oportunidades tecnológicas inexploradas. Dentro desta perspectiva, uma primeira suposição que será feita, no presente trabalho, é de que as trajetórias tecnológicas efetivamente exploradas pelos agentes econômicos representam apenas uma pequena parcela das possibilidades existentes. Desta forma, um agente jamais estaria limitado na sua capacidade de inovar por não vislumbrar uma nova oportunidade tecnológica.

Uma outra importante qualificação, em relação a qual já nos referimos no primeiro capítulo, diz respeito à diferença que existe entre *conhecimento* e *informação* para o processo inovativo. Apenas para lembrar, a posse de um conjunto de informações sobre novas técnicas e/ou produtos não implica, necessariamente, na capacidade de inovar. O processo inovativo supõe algo a mais que um conjunto de informações, por maior e mais completo que este seja; a inovação tem por base todo o conhecimento acumulado pela firma e pelos indivíduos que a compõe.

O conhecimento, aqui considerado, é adquirido através da experiência e da repetição de determinadas atividades, de forma que apresenta um caráter cumulativo e depende, fortemente, do caminho adotado (*path dependence*). O conhecimento possui, também, como já vimos, um caráter tácito que, apesar de não ser perfeitamente transmissível, ou mesmo codificável, é um elemento

altamente relevante para a capacidade inovativa da firma. Além disso, a própria inovação contribui para o aumento do estoque de conhecimento acumulado pelos agentes econômicos, sejam eles individuais ou coletivos.

Uma outra característica da inovação, que será particularmente importante para a discussão dos mecanismos de tomada de decisão dos agentes, diz respeito ao processo de difusão. O ambiente no qual se dá a difusão de inovações é eminentemente seletivo, o que quer dizer que apenas uma parcela das inovações criadas são legitimadas pelo mercado²³, as demais sendo rejeitadas e abandonadas. Existe, portanto, uma boa dose de incerteza em torno do processo inovativo.

Ainda dentro da discussão sobre a difusão das inovações, o mecanismo mais comumente considerado é o da imitação (Schumpeter, 1942). Quando uma inovação apresenta sinais de ter sido selecionada pelo mercado, existe todo um conjunto de firmas que passa a imitar a firma inovadora. Quanto maior for o número de firmas imitadoras, mais rápido tenderá a ser o processo de difusão: isto ocorre porque existem externalidades de aprendizado, ou seja, mais fácil se torna a obtenção do conhecimento necessário para a imitação. Além disso, ocorre também todo um processo de aprimoramento e adaptação da inovação que não necessariamente é levado a frente pela firma pioneira, podendo perfeitamente ocorrer dentro das firmas imitadoras. Assim sendo, as firmas imitadoras contribuem de forma indiscutível para a difusão mais rápida de uma inovação.

No que diz respeito ao estímulo para a produção privada de inovações, questão bastante controversa e problemática para a abordagem neoclássica, a abordagem evolucionista supõe que a introdução de uma inovação por parte de uma determinada firma, confere a esta última a capacidade de se apropriar dos benefícios econômicos gerados pela sua criação e pela sua colocação no mercado.

São várias as origens dos benefícios, usufruídos pela firma, resultantes da colocação de uma inovação no mercado. Todavia, é importante observar que, no longo prazo, alguns destes benefícios podem vir a desaparecer, uma vez que o processo de difusão tenha se completado. Por outro lado, os benefícios resultantes da criação da inovação não se esgotam nunca, muito pelo

²³ Existem outros mecanismos de seleção que podem, de acordo com as circunstâncias, se mostrar mais importantes que o mercado, como as instituições, por exemplo. Todavia, uma análise mais profunda desta questão escapa ao interesse do presente trabalho. Para uma discussão mais detalhada ver Nelson & Winter (1982).

contrário, tendem a se acumular e a criar assimetrias cada vez maiores entre as firmas. Explicando melhor, o conhecimento e a experiência acumulados fazem parte do conjunto de ativos específicos da firma e são eles, em função da sua cumulatividade, que lhe conferem uma maior capacidade inovativa futura.

Tudo o que foi dito até aqui implica que, diferentemente dos modelos de crescimento endógeno apresentados nos capítulos anteriores, o progresso técnico, para a abordagem evolucionista, depende intrinsecamente da capacidade inovadora e/ou imitadora de cada firma. Assim sendo, o progresso técnico, longe de resultar de um esforço homogêneo e coordenado dos agentes econômicos, é fruto de um processo, bastante heterogêneo, de inovação e imitação por parte das firmas atuantes no mercado.

Por último, antes de passarmos a discutir como os agentes econômicos tomam as suas decisões, consideramos útil sistematizar, de forma tópica, as principais características do processo inovativo que serão levadas em consideração pelo modelo:

- a inovação introduz mudanças tanto nos produtos quanto nos processos de produção, podendo ainda ser de natureza gradual ou radical.
- a capacidade de inovação e imitação são particulares a cada firma e dependem do histórico da firma considerada. O conhecimento e o aprendizado envolvidos no processo inovativo possuem um caráter cumulativo e estão sujeitos a *path dependence*.
- As firmas inovadoras podem se apropriar de certos benefícios econômicos resultantes da inovação. Uma parte destes benefícios tendem a se reduzir na medida em que avança o processo de difusão. Outra parte, ligada as capacitações específicas da firma, permanecem.
- Existem externalidades de aprendizado, ou seja, a facilidade de imitação aumenta com o número de firmas que já incorporaram um determinado tipo de inovação.

2.2) A racionalidade restrita e a formação de “rotinas”

O *mainstream* da ciência econômica considera que a racionalidade dos agentes implica na sua capacidade de, ao se defrontar com um problema de alocação de recursos qualquer, considerar todas as combinações de variáveis possíveis e de escolher aquela que maximiza sua utilidade. Segundo este princípio, conhecido como racionalidade substantiva, todos os agentes numa

economia estariam perfeitamente informados sobre todas as possíveis escolhas e teriam a capacidade de calcular os resultados alcançados caso optassem por cada uma delas.

Dentro deste quadro referencial, o processo de tomada de decisão de um agente consistiria na maximização de uma conhecida função de utilidade, sujeita à algumas restrições, também conhecidas. Relembrando, era exatamente assim que os agentes se comportavam tanto no modelo de Lucas como no de Romer.

No entanto, segundo a abordagem evolucionista, existiriam algumas razões tanto do ponto de vista teórico quanto do ponto de vista empírico, para acreditar que o processo de tomada de decisão dos agentes não pode ser reduzido a um procedimento de maximização de funções conhecidas. Algumas dessas razões dizem respeito à incapacidade dos agentes terem acesso ao conjunto completo de possibilidades existentes e à diversidade cognitiva com a qual diferentes agentes percebem uma mesma possibilidade.

Em particular, mesmo que um agente seja capaz de conhecer todas as escolhas que se lhe oferecem, muitas vezes o cálculo da solução que maximiza sua utilidade é tão trabalhoso e demanda tanto tempo que não seria racional fazê-lo. Neste caso, o agente tende a moldar seu comportamento por procedimentos que já se mostraram eficientes no passado em situações semelhantes. Tais procedimentos recebem o nome de *rotinas*.

A rotinização da tomada de decisão se daria tanto no que se refere às decisões estratégicas da firma, na atividade inovativa, em particular, quanto no que diz respeito às decisões propriamente rotineiras como na fixação de preços, quantidade produzida e todas as demais decisões que devem ser tomadas cotidianamente no interior da firma.

Em função da forma como as rotinas se constituem, i.e., a partir da experiência passada da firma, cada firma possui um rol específico de rotinas referentes a cada um dos seus aspectos decisórios. As rotinas são, portanto, específicas a cada firma e fazem parte do seu conjunto de ativos específicos.

Uma importante conclusão que podemos tirar a partir do que foi dito em relação aos ativos específicos da firma, sejam eles de natureza tecnológica, organizacional ou decisória, é que não existe, para a abordagem evolucionista, algo como uma firma representativa. Ao contrário, as firmas são agentes heterogêneos cujo comportamento nem mesmo é ditado pelas mesmas regras.

Deriva daí que não existe, tampouco, uma função de produção única na qual se enquadram todas as firmas de uma economia.

Passaremos, agora, a discutir como a abordagem evolucionista vê o processo de concorrência entre as firmas e de que modo este processo afeta o próprio comportamento das firmas.

3) Concorrência e desequilíbrio

As regras de decisão específicas de cada firma, conjuntamente com o passado de inovação, imitação e aprendizado determinam as diferenças que existem entre as firmas. Do ponto de vista do que é relevante para o padrão de concorrência que se estabelece entre as firmas, estas últimas diferem no que diz respeito à diversidade de produtos que oferecem, à qualidade e os preços dos mesmos. Existem diferenças também quanto às rotinas definidas por cada uma das firmas no que se refere ao seu processo particular de tomada de decisão.

Essas diferenças, e muitas outras, implicam que nenhum agente é capaz de calcular, *a priori*, “trajetórias de equilíbrio” onde suas ações individuais sejam mutuamente coerentes. A consequência disto é que a ação coordenada das firmas resulta num padrão de concorrência que é, tipicamente, um processo de desequilíbrio. Neste quadro, a satisfação concomitante de todas as firmas atuando no mercado é mais do que extremamente improvável, é virtualmente impossível.

Assim sendo, o processo de concorrência entre as firmas seria, figurativamente, uma eterna “queda de braço” que conformaria, a cada momento, uma estrutura de mercado específica, caracterizada por uma determinada distribuição das parcelas de mercado entre as firmas nele atuantes. Se considerarmos, ainda, que existe uma permanente entrada e saída de firmas do mercado e que este último, como um todo, está sempre crescendo, a estrutura de mercado aparece como uma estrutura altamente instável e em constante modificação.

Vimos, na seção anterior, que o mercado é um importante mecanismo de seleção de inovações e, por isso, é levado em consideração quando a firma ao formula suas rotinas de atuação. Ora, acabamos de dizer que o mercado é uma estrutura em permanente modificação, de forma que

podemos concluir que a avaliação das empresas sobre o mecanismo de seleção ali representado se modifica, se adaptando constantemente à nova realidade.

Em resumo, o sistema econômico como um todo se coordena e evolui sob a ação de agentes econômicos heterogêneos que introduzem inovações tecnológicas ou imitam inovações introduzidas por outros. O resultado deste processo de concorrência age, por sua vez, sobre o comportamento individual de cada firma envolvida.

A conclusão que podemos tirar do raciocínio delineado acima é que firmas e mercado evoluem conjuntamente. É através do mecanismo de concorrência que as firmas afetam a estrutura de mercado na qual se inserem e que esta última, por sua vez, influencia a tomada de decisão das firmas individuais. Tal conclusão nos permite formular a hipótese de que variáveis macroeconômicas, como o nível de renda e a sua taxa de crescimento, são o resultado endógeno dos processos de inovação e de concorrência, conforme estes são vistos pela abordagem evolucionista. Dito isto, podemos passar a apresentação do modelo de Dosi *et alli* (1994). Veremos que este modelo procura incorporar boa parte das idéias discutidas até aqui.

4) Um modelo evolucionista de crescimento econômico

O presente modelo representa uma tentativa de explicar a dinâmica de crescimento dos países, assim como a sua inserção no contexto internacional, através de processos individuais de inovação e imitação, específicos a cada firma. Desta forma, o modelo considera uma economia aberta onde a interação entre os diversos países seria, antes de mais nada, fruto da interação entre firmas individuais e heterogêneas.

A premissa inicial é dada pela idéia schumpeteriana de que mudança tecnológica é, por sua própria natureza, um processo de desequilíbrio. Dentro deste quadro referencial, cada país estaria sujeito a um processo inovativo de tal natureza que jamais seria capaz de alcançar um estado de alocação ótima paretiana.

Do ponto de vista da elaboração do modelo, desconsidera-se qualquer especificidade institucional e política dos países, e supõe-se que nenhum país esteja sujeito a restrições de ordem tecnológica ou de oferta de mão-de-obra.

Sob as circunstâncias descritas acima, assumimos como hipótese de trabalho que a interação entre os diversos países, via relações inter-firmas, pode gerar algumas das regularidades identificadas na primeira seção. Assim sendo, pretendemos mostrar que: a) países inicialmente idênticos podem apresentar diferenças persistentes quanto aos níveis de renda e taxas de crescimento; b) flutuações “locais”, específicas de cada firma, podem gerar efeitos de longo prazo sobre as variáveis macroeconômicas de cada país; e c) o aprendizado tecnológico, assim como as defasagens de aprendizado entre os países podem resultar em convergência ou divergência dos níveis e das taxas de crescimento da renda (*catching-up, falling behind, forging ahead*).

O modelo que passamos a apresentar é uma versão ampliada de um modelo de economia fechada elaborado previamente por Chiaromonte & Dosi (1992).

4.1) Hipóteses do modelo

Consideramos que a economia mundial é composta por L países ($1 \dots j \dots L$), M setores ($1 \dots h \dots M$) para cada país e n firmas ($1 \dots i \dots n$) para cada setor. Por hipótese, cada firma opera em um único setor de atividade porém em mercados de todos os países. Denotaremos cada mercado nacional por k . Além disso, supomos que todas as firmas possuem exatamente as mesmas condições iniciais.

No presente modelo, cada firma pode promover um aumento de produtividade através da introdução de uma inovação ou através da imitação de uma técnica já existente. A probabilidade que cada firma tem de alcançar o sucesso, tanto na atividade de inovação quanto na de imitação, depende do investimento, por ela realizado, em P&D, e de um componente aleatório que captura a incerteza intrínseca associada a qualquer programa de pesquisa²¹.

Uma outra hipótese do modelo é que o trabalho, além de ser o único fator de produção utilizado na produção e na pesquisa, é um fator homogêneo. Dito isto, denotaremos por $\pi_{ij}(t)$ a produtividade do trabalho da firma i no país j .

²¹ De fato, uma firma ao investir um elevado montante na pesquisa de um determinado produto não tem nenhuma garantia, *a priori*, quanto ao seu retorno econômico. Por outro lado, não é raro que “invenções de fundo de quintal” resultem em inovações amplamente difundidas no mercado.

4.2) Inovação e imitação

Antes de entrarmos no modelo propriamente dito, é importante fazer algumas observações sobre a metodologia utilizada pelos autores na construção do modelo. Este último é, na verdade, um algoritmo que permite a simulação por computador da evolução dinâmica das diferenças entre os países no que se refere aos níveis e taxas de crescimento da renda. O que os autores pretendem demonstrar é que um algoritmo que capture as principais características do processo de inovação, do mecanismo de tomada de decisões dos agentes e da concorrência entre os mesmos, conforme o discutido nas seções anteriores, gera resultados de simulação por computador muito semelhantes ao comportamento real da economia. Pretende-se, com isso, colocar em evidência que, apesar da complexidade do sistema construído, os principais elementos explicativos do crescimento econômico são, de fato, aqueles considerados pelo modelo. Feita esta observação preliminar, passemos ao estudo do modelo.

O modelo considera o processo de inovação tecnológica como sendo composto por duas fases distintas onde a primeira permite o acesso à segunda. Nelson & Winter (1982) chamaram estas duas fases de *busca e seleção*.

A busca seria a etapa na qual se dá o esforço de inovação, propriamente dito. A busca de uma inovação pode ter um resultado positivo ou negativo, ou seja, a firma inovadora pode obter sucesso ou não na sua tentativa de inovação. Quando a fase da busca tem um resultado positivo, inicia-se uma segunda fase, a de imitação. Somente o surgimento de uma inovação pode dar acesso ao processo de imitação.

O processo de imitação, assim como o de inovação, pode gerar um resultado positivo ou negativo, ou seja, a firma imitadora pode ter sucesso ou não. No caso do resultado ser sucesso, dizemos que a inovação foi *selecionada*.

O modelo aqui considerado visualiza o processo de inovação, incluindo a fase da imitação, como um processo estocástico.

Um processo é dito estocástico quando tudo o que podemos calcular é a probabilidade de que um determinado evento ocorra. Em oposição a um processo determinístico, onde só existe uma única solução para cada problema, um processo estocástico apresenta, por definição, mais de um resultado possível. A cada resultado está associada uma determinada probabilidade de que aquele

seja o resultado obtido. No caso específico tratado pelo modelo, tanto a inovação como a imitação oferecem dois resultados possíveis: sucesso ou fracasso.

Ainda antes de entrarmos no modelo propriamente dito, fazemos uma última observação: o modelo de Dosi *et alli* é, na verdade, um algoritmo que permite a simulação por computador da evolução dinâmica das diferenças entre os países no que se refere aos níveis e taxas de crescimento da renda. O que os autores pretendem mostrar é que um algoritmo que capture as principais características do processo de inovação, do mecanismo de tomada de decisões dos agentes e da concorrência entre os mesmos, conforme o discutido nas seções anteriores, gera resultados de simulação muito semelhantes ao comportamento real da economia. Pretende-se, com isso, mostrar que, apesar da complexidade do sistema construído, os elementos considerados pelo modelo são capazes de explicar os “fatos estilizados” referentes ao crescimento econômico.

Uma distribuição de probabilidade que descreve eventos com apenas dois resultados possíveis (sucesso ou fracasso) é a distribuição de Bernoulli. A probabilidade do resultado obtido num determinado processo de busca ser “sucesso” pode, então, ser escrita da seguinte forma:

$$\Pr \{I_{ij}(t) = 1\} = 1 - \exp \{ - \alpha_1 IN_{ij}(t) \} \quad (4.1)$$

A variável I_{ij} é uma variável binária que associa a 1 o evento “sucesso”. O parâmetro α_1 captura o nível de oportunidades tecnológicas existentes e a variável IN_{ij} representa o investimento feito pela firma i do país j em P&D.

O investimento IN_{ij} é medido em termos do número de trabalhadores envolvidos na atividade de pesquisa (Inn). Aquilo que chamamos de atividade de pesquisa não se restringe, no entanto, apenas à pesquisa realizada no tempo presente, mas engloba também a pesquisa realizada em períodos anteriores. Com isso, pretende-se dar conta do caráter cumulativo do aprendizado tecnológico assim como da *path dependence*, a qual está submetido. A defasagem temporal, aqui considerada, é de dois períodos. Dito isto, podemos escrever o investimento IN_{ij} da seguinte forma:

$$IN_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^2 Inn_{ij}(t - \tau) \quad (4.2)$$

Voltando ao modelo, o resultado “sucesso” permite à firma inovadora desfrutar de um incremento percentual na sua produtividade. Entretanto, este incremento pode ser igualmente alcançado através da imitação de uma técnica já existente. Como o conhecimento tecnológico, no modelo, não é considerado como sendo totalmente um bem público nem tampouco passível de total apropriação, novas técnicas só podem ser imitadas a um certo custo.

Outro aspecto que deve ser destacado, no que se refere ao processo imitativo, é que a imitação de uma nova técnica é tão mais fácil quanto menor for o *technological gap* entre a técnica já utilizada e aquela a ser imitada.

Dito isto, a probabilidade de sucesso na imitação também é descrita por uma distribuição de Bernoulli:

$$\Pr \{M_{ij}(t) = 1\} = 1 - \exp \{ - \alpha_2 IM_{ij}(t) \} \quad (4.3)$$

De forma análoga, IM_{ij} , representa o investimento feito pela firma i do país j na tentativa de imitar uma determinada técnica desenvolvida por uma outra firma qualquer. O parâmetro α_2 , por sua vez, nos fornece uma medida inversa da apropriabilidade à qual está sujeita a técnica a ser imitada; quanto menor for o grau de apropriabilidade de uma inovação maior será a probabilidade da firma imitadora obter sucesso na sua tentativa de imitação.

O investimento IM_{ij} também depende do número de pesquisadores envolvidos na imitação (Imi). Tais pesquisadores podem ser divididos entre aqueles que se dedicam a adaptar técnicas desenvolvidas na própria firma a outros processos produtivos, aqueles que se dedicam a imitar técnicas desenvolvidas em outras firmas do mesmo país e, finalmente, em outras firmas de outros países. Assim sendo, IM_{ij} é dado por:

$$IM_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^2 Imi_{ij}(t - \tau) + \alpha_3 \sum_{j=1}^2 \sum_{\tau=0}^2 Imi_{j.}(t - \tau) + \alpha_4 \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 \sum_{\tau=0}^2 Imi_{ij}(t - \tau) \quad (4.4)$$

onde α_3 e α_4 são parâmetros que capturam as externalidades das demais firmas, tanto a nível nacional como internacional, respectivamente. No caso das simulações apresentadas na referência Dosi *et alli* (1994), esses parâmetros foram escolhidos iguais a zero.

Para finalizar esta subseção, a técnica a ser efetivamente empregada em um processo produtivo é obviamente aquela que apresentar a maior produtividade entre a técnica atualmente empregada, aquela advinda de uma inovação e aquela resultante de imitação. Formalmente, no algoritmo utilizado para a simulação, isso é escrito como a seguir:

$$\pi_{ij}(t+1) = \max\{ \pi_{ij}(t); \pi I_{ij}(t); \pi A I_{ij}(t) \} \quad (4.5)$$

4.2.1) Regras de comportamento

No que se refere ao processo de tomada de decisão dos agentes, o modelo assume a hipótese extrema de que o comportamento dos agentes está totalmente sujeito à rotinização, ou seja, se baseia em regras fixas e independentes. Segundo os autores existem razoáveis evidências empíricas e teóricas para se acreditar que, em ambientes muito dinâmicos onde a incerteza é elevada, o comportamento dos agentes tende a ser relativamente estável e baseado em rotinas.

A partir desta hipótese, os autores formalizam algumas das rotinas consideradas mais importantes para o processo decisório da firma.

A primeira rotina a ser considerada diz respeito ao montante de investimento realizado em P&D. Segundo o modelo este investimento estaria diretamente relacionado com a renda gerada pela firma no período anterior. Formalmente teríamos:

$$R \& D_{ij} = \alpha_{3ij} F_i(t-1) \quad (4.6)$$

O número de trabalhadores alocados no setor de pesquisa é definido da seguinte forma:

$$I_{ij} = \frac{R\&D_{ij}(t)}{w_{ij}(t)} \quad (4.7).$$

onde w_j é o salário no país j no tempo t .

A atividade de pesquisa, realizada pela firma, se direciona tanto para a inovação quanto para a imitação. A regra que divide os pesquisadores entre uma atividade e outra é dada por:

$$Imm_j = (1 - \mu_j) I_j \quad (4.8)$$

$$Imi_j = \mu_j I_j \quad (4.9)$$

A regra de determinação do preço por cada firma é mais complicada e envolve dois estágios paralelos. O primeiro estágio consiste em calcular o preço esperado, o que é feito com base num procedimento de *mark-up*: considera-se, também, a relação entre o nível salarial e a produtividade do trabalho, para cada firma. Estima-se que quanto maior for esta última relação, ou seja, quanto maiores forem os salários relativamente à produtividade do trabalho, mais elevado será o preço que a firma espera poder cobrar pela sua produção.

O segundo estágio consiste em avaliar qual a variação real do preço, $\Delta p_i(t)$, de cada firma no interior do seu mercado doméstico. A combinação destas avaliações permite escrever a regra de fixação do preço real, para cada firma, a qualquer momento t .

O preço desejado pela firma, $\bar{p}_j$, pode ser escrito da seguinte forma:

$$\bar{p}_j(t) = \frac{\alpha_{\sigma_i} w_j(t) + \alpha_{\tau_i} w_j(t-1)}{\pi_j(t)} (1 + m) \quad (4.10).$$

onde m é a taxa de *mark-up* e os coeficientes α_{σ_i} e α_{τ_i} são coeficientes que ponderam os pesos relativos do salário presente e do período anterior.

O cálculo da variação real do preço depende, em parte, da diferença entre o preço esperado, no tempo t , e o preço efetivamente obtido, no período imediatamente anterior. Desta forma, a equação (4.8) entra no cálculo de $\Delta p_i(t)$. Outro elemento levado em consideração na avaliação de $\Delta p_i(t)$ é a diferença que existe entre o *market share* esperado e o efetivo. Esta ideia está de acordo com a hipótese de que as firmas pautam o seu comportamento em função, também, das mudanças ocorridas na estrutura de mercado na qual estão inseridas.

Dito isto, o preço efetivamente praticado pela firma no tempo t , $p_i(t)$, é dado pelo preço praticado no período anterior, $p_i(t-1)$, corrigido pela variação real sofrida desde então, $\Delta p_i(t)$. Podemos escrever isto da seguinte forma:

$$p_i(t) = p_i(t-1)[1 + \Delta p_i] \quad (4.11)$$

É interessante perceber que, se considerarmos a taxa de câmbio como dada, podemos definir o nível de competitividade internacional de uma firma específica com base no preço p_i , estabelecido conforme a regra (4.9). Mais especificamente teríamos uma relação inversa entre competitividade e preço. Esta idéia assume a seguinte expressão formal:

$$E_{ij}^c = \frac{1}{p_{ij}(t)} p_{ij}(t) \quad (4.12).$$

onde p_{ij} é a taxa de câmbio do país j e k é o mercado particular no qual a firma opera.

Um último aspecto, ressaltado pelos autores, é que a firma estaria limitada na sua capacidade de investimento em geral, P&D em particular, pela sua capacidade de auto-financiamento, que seria dada pelo seu capital de giro corrente e pelos fluxos passados de rendimentos líquidos. O significado do que acabamos de dizer é que o crédito é racionado para a firma individual. Observa-se que esta hipótese só é válida na medida em que o modelo não considera que a firma possa obter financiamento no mercado financeiro; aliás, este último nem mesmo é modelado.

A partir de agora, nos voltamos para a análise da dinâmica do mercado com base no estudo da demanda dos agentes econômicos relevantes, as firmas, no caso.

4.2.2) A dinâmica do mercado

O estudo da dinâmica de mercado supõe que sejam feitas hipóteses tanto sobre a demanda agregada interna como sobre a demanda no plano mundial.

No presente modelo, considera-se que a demanda agregada doméstica, em cada país, reuna, *ex-post*, o total de salários pagos tanto para trabalhadores empregados na produção quanto para trabalhadores empregados no setor de pesquisa. Formalmente, teríamos:

$$D^i(t) = \sum_j w_j(t) N_{ij}(t) \quad (4.13)$$

onde $N_{ij}(t)$ é o número total de trabalhadores na firma i .

O modelo assume, também, que os M setores de uma economia nacional, possuem um peso idêntico na composição da demanda agregada. Desta forma, a demanda de um determinado setor seria dada pela demanda agregada dividida pelo número de setores existentes na economia, conforme:

$$D^{jh} = \frac{D^j}{M} \quad (4.14)$$

Do ponto de vista da demanda global, esta é dividida entre os produtores, domésticos e estrangeiros, de acordo com as suas competitividades relativas. A demanda com a qual cada firma i , que opera num setor h e cuja produção está localizada no país j , se depara pode ser expressa pela soma da demanda de todos os mercados nacionais k . Esta idéia corresponde ao conceito de mercado corrente da firma (Guimarães, 1984). Assim sendo, para decidir sobre a sua produção corrente, $I_{ij}(t)$, a firma leva em consideração o seu *demand-share* do período anterior, que é dado pelo seu *market share*, $f_{ij}^k(t)$, multiplicado pelo tamanho do mercado no setor considerado, $D^{jh}(t-1)$. A produção da firma i , $I_{ij}(t)$, é dada, então, por:

$$I_{ij}(t) = \sum_k f_{ij}^k(t) D^{jh}(t-1) \rho_j(t) \quad (4.15)$$

A taxa de câmbio, $\rho_j(t)$, transforma a demanda corrente da firma, originária de outros países, em moeda nacional.

Uma vez que a quantidade produzida por cada firma individual foi definida, o modelo passa a discutir a maneira como evolui o seu *market-share*.

A variação do *market-share* de cada firma, entre o instante (t) e o instante (t-1), depende do seu *market-share* no instante (t), ponderado pela competitividade relativa da firma. Formalmente, podemos escrever isto da seguinte forma:

$$\Delta f_i^k(t, t+1) = a_k \left(\frac{E_i^k(t) - E^k(t)}{E^k(t)} \right) f_i^k(t) \quad (4.16)$$

O termo $\left(\frac{E_i^k(t) - E^k(t)}{E^k(t)} \right)$ mede a competitividade média do mercado *k*. Já o coeficiente a_k

funciona como uma *proxy* da seletividade do mercado; quanto mais seletivo for um mercado, maior tenderá a ser a variação do *market-share* da firma, *ceteris paribus*, ou seja, mais rapidamente o mercado será capaz de identificar firmas líderes e firmas menos competitivas, selecionando-as, positiva ou negativamente.

É importante perceber que este tipo de dinâmica reflete a idéia de que, num mesmo mercado, coexistem firmas com diferentes rotinas e graus de competência.

O modelo ainda considera a entrada e saída de firmas do mercado. Uma firma seria expelida do mercado quando o seu *market-share* fosse inferior a um mínimo dado por:

$$\sum_k f_i^k < f_{\min} \quad (4.17)$$

Firmas expulsas do mercado seriam substituídas por novas entrantes que possuiriam produtividade igual à média do setor.

Com base na discussão feita acima, em particular no que diz respeito à definição do nível de produção da firma individual e do seu *market-share*, os autores passam a modelar o comportamento de alguns dos principais agregados nacionais.

4.2.3) O comportamento das variáveis macroeconômicas

Vejamos como se definem, respectivamente, o produto agregado, as exportações e as importações de um país.

O produto agregado do país j , Y_j^* , é definido como a soma, sobre todas as firmas do país, da renda gerada por cada uma delas, calculadas em termos reais. Escrevemos Y_j^* :

$$Y_j^* = \sum_i \frac{Y_{ij}}{P_{ij}} \quad (4.18)$$

O valor das exportações, EXP_j , contabilizados em moeda nacional, é calculado sobre todas as operações de venda realizadas por todas as firmas i , de todos os setores h , que operam em todos os mercados k diferentes do seu próprio mercado.

As vendas, referidas acima, são dadas, por sua vez, pelo *market-share* de cada firma, f_{ij}^* , multiplicado pelo tamanho do mercado no setor onde a firma opera, D^{kh} . A expressão formal do que acaba de ser dito é dada por:

$$EXP_j = \sum_{k \neq j} \sum_h \sum_i (f_{ij}^* D^{kh}) p_j \quad (4.19)$$

Observe que ao definirmos a parte da produção nacional exportada, define-se, conjuntamente, a parte da produção nacional consumida internamente como:

$$\sum_{k=j} \sum_h \sum_i (f_{ij}^* D^{kh}) p_j \quad (4.20)$$

Assim sendo, o valor das importações será dado, simplesmente, pelo valor da demanda doméstica total, D^j , menos a parcela atendida pela produção nacional:

$$IMP_j = D^* - \sum_{k=j} \sum_{h=1}^n \sum_{i=1}^n (f_{ij}^k D^{*hi}) p_j \quad (4.21)$$

Agora, uma vez que foram definidos os valores das exportações e das importações de um país j , a balança comercial deste país pode escrita como:

$$B_j = EXP_j - IMP_j \quad (4.22)$$

O modelo trabalha com a hipótese de que o comportamento da balança comercial descreve, aproximadamente, o comportamento do balanço de pagamentos.

4.2.4) Propriedades gerais do modelo

Antes de discutirmos os resultados das simulações feitas com base no modelo, consideramos importante enumerar algumas propriedades gerais do modelo:

- 1) A dinâmica do sistema econômico é determinada pelo comportamento inovador específico de cada uma das firmas, que operam em diferentes setores de diferentes países. A estrutura de mercado gerada afeta, por sua vez, o comportamento da firma, na medida em que influencia a curva de demanda com a qual a firma se depara e, com isso, suas decisões sobre a quantidade produzida. A estrutura de mercado e o nível de renda da firma são, portanto, ambos, resultantes da interação mútua entre estes dois elementos.
- 2) O processo de difusão tecnológica se dá através do ajustamento imperfeito entre as firmas, dos seus *market-shares*, e de um processo de imitação inter-firmas. Isto implica que a difusão de uma nova tecnologia não é jamais instantânea, e que a taxa de difusão tecnológica depende, conjuntamente, do grau de apropriabilidade tecnológica, a qual está submetida a inovação, e da seleção, operada pelo mercado, entre firmas heterogêneas. Além disso, mesmo as firmas mais promissoras possuem um teto ao seu crescimento, dado pela sua capacidade de auto-financiamento.

3) O modelo incorpora a *path dependence* da trajetória de inovação tecnológica principalmente de duas formas: a) as probabilidades de inovação e imitação dependem dos investimentos realizados em P&D, tanto no presente como no passado; e b) o sucesso inovativo é apresentado como um processo auto-alimentador, na medida em que propicia, por si só, um aumento da quantidade de recursos alocados em pesquisa no momento subsequente.

4) O fato das firmas novas entrarem em um mercado com uma produtividade igual à média do setor de um determinado país, implica que existam externalidades específicas aos países que contribuem para diferenciar os países no que se refere ao seu nível de conhecimento acumulado.

Passamos, agora, a analisar os resultados do modelo.

5) Resultados do modelo.

Nesta seção apresentaremos os resultados das simulações feitas a partir dos algoritmos desenvolvidos no modelo. Tentaremos identificar os padrões de crescimento resultantes da simulação com os fatos estilizados que foram enumerados logo no início do presente capítulo.

Os autores enfatizam que, apesar dos resultados encontrados serem preliminares, o modelo representa uma tentativa de explicar o padrão de crescimento internacional com base em micro-fundamentos evolucionistas. Desta forma, o exercício de simulação representa um esforço no sentido de explorar regularidades que emergem do modelo como demonstração da ligação que existe entre variáveis agregadas e interações de micro-unidades. As simulações feitas mostram, ainda, que uma importante característica do modelo é que ele reproduz as persistentes assimetrias existentes entre as firmas no que diz respeito à produtividade e aos *market-shares*.

As simulações feitas consideram uma economia mundial com 2 setores e 55 países. As figuras 1 e 2 mostram os resultados obtidos para a dinâmica do nível de renda *per capita* e para os desvios das taxas de crescimento, respectivamente.

A observação dos gráficos abaixo nos permite ver que a divergência entre os níveis de renda e as taxas de crescimento aparecem como um padrão dominante.

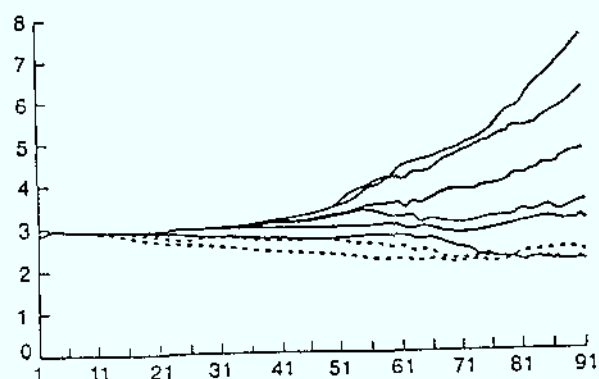


FIGURE 3. Per capita incomes in a sample of countries, simulation results.

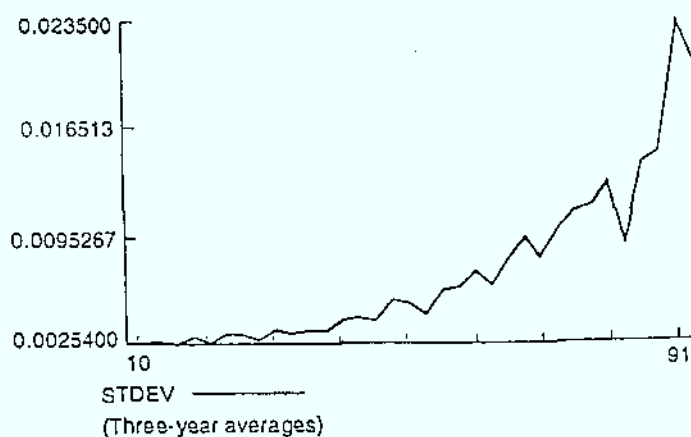


FIGURE 4. Standard deviation in growth rates.

As dinâmicas das exportações e das importações são, neste modelo, um resultado da combinação de alguns elementos: o nível de competição internacional, verificado *ex-post*, em cada setor da economia e os ajustes operados por cada país no sentido de preservar sua competitividade e gerar novas "vantagens comparativas". Tais ajustes afetam, por outro lado, a competitividade das firmas individuais.

Podemos concluir que o surgimento de "vantagens comparativas" em um país são, em última instância, um resultado *ex-post* de um processo de inovação e difusão tecnológica. De acordo com as figuras 3 e 4, vemos que em alguns países o processo de inovação resulta em especialização (figura 3), enquanto que em outros, o resultado é o surgimento de vantagens ou desvantagens absolutas (figura 4).

O que é particularmente interessante no modelo apresentado é que, apesar das várias hipóteses simplificadoras que são feitas, os resultados gerados apresentam uma grande riqueza de informações quanto à dinâmica de crescimento dos países e se aproximam, de modo surpreendente, dos "fatos estilizados" vistos no início deste capítulo. Relembrando, brevemente, eles constata: heterogeneidade no plano microeconômico, comportamento cíclico e tendência de longo prazo das variáveis macroeconômicas, e convergência ou, mais frequentemente, divergência das taxas de inovação, difusão, níveis e taxas de crescimento da renda.

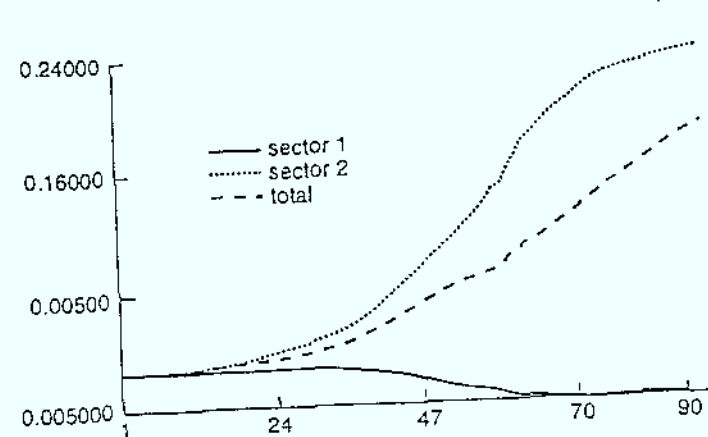


FIGURE 5. Sectoral and total exports of country 1.

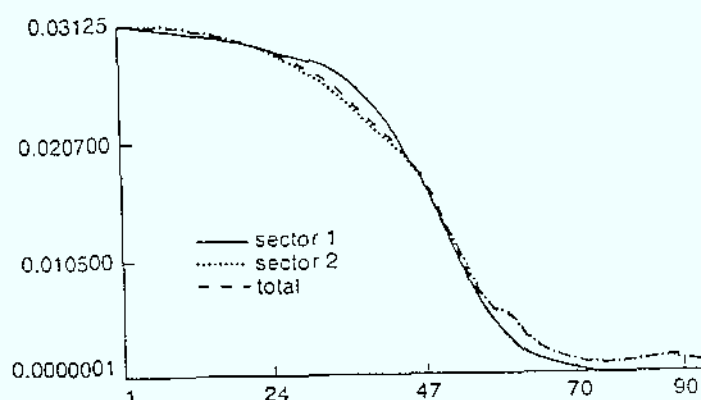


FIGURE 6. Sectoral and total exports of country 1.

Segundo os autores existiriam duas forças que impulsionam este processo dinâmico: o aprendizado e a seleção do mercado. Dentro do escopo do presente trabalho, encerraremos este capítulo analisando a forma como o aprendizado é incorporado pelo modelo e em que medida ele é determinante das conclusões do modelo.

6) Aprendizado e crescimento

Antes de mais nada é importante enfatizar que a importância que o modelo dá ao aprendizado é totalmente desvinculada de um processo de alocação ótima de recursos, ou ainda, o aprendizado acumulado pelos agentes não visa gerar, em nenhum momento, uma melhor alocação dos recursos disponíveis.

O aprendizado é incorporado pelo modelo de diferentes formas. Os agentes fixam o seu padrão de comportamento segundo rotinas que estão intimamente relacionadas com o passado da firma. Esta idéia supõe a existência de aprendizado formal e informal. Além disso, ao escrever a probabilidade de uma inovação ou uma imitação ter sucesso (4.1 e 4.2), considera-se não somente os trabalhadores envolvidos na atividade corrente de pesquisa mas, também, os trabalhadores envolvidos em períodos anteriores (4.3). Ora, esta é uma forma de se considerar que o aprendizado acumulado pela firma no passado é de vital importância para o seu desempenho futuro.

A proximidade da fronteira tecnológica se relaciona, para frente, com a capacidade da firma transitar para uma outra trajetória tecnológica, introduzindo uma inovação radical, e, para trás, com o nível de aprendizado tecnológico da firma, de modo que existe uma relação direta entre este último e a capacidade de inovação e/ou imitação da firma.

O grau de liderança da firma no mercado em que ela atua, que, de certa forma, é medido pelo seu *market share*, depende, por um lado, do seu nível de aprendizado tecnológico e afeta, por outro, a estrutura de mercado. Esta última, por sua vez, é levada em consideração pela firma quando esta decide sobre a quantidade produzida (4.15).

Em função do fato de que o comportamento das variáveis macroeconômicas é dado pela agregação dos comportamentos a nível micro, as decisões de produção da firma se refletem diretamente no produto agregado gerado e na forma como ele evolui ao longo do tempo.

Assim sendo, podemos concluir que o aprendizado está na própria raiz da explicação do crescimento econômico, uma vez que determina a capacidade inovadora (e imitadora) das firmas. O outro elemento essencial é o mecanismo de seleção, na medida em que é através dele que as inovações geradas pelas firmas inovadoras se tornam aptas a serem copiadas por outras firmas.

A análise dos resultados nos permitiu ver que as economias nacionais tendem a apresentar um comportamento divergente no que se refere aos seus níveis de renda e às taxas de crescimento destes. Dito de outra maneira, as assimetrias existentes entre os países tendem a se aprofundar ao longo do tempo.

Vimos, entretanto, desde o início deste trabalho, que o aprendizado é um importante mecanismo criador de assimetrias entre os agentes numa economia. O aprendizado possui esta capacidade em função das suas próprias características de cumulatividade e *path dependence*. Assim sendo, podemos concluir que as assimetrias que surgem nas simulações feitas pelo modelo, que, como já foi dito, estão de acordo com os “fatos estilizados” observados, derivam diretamente do fato de que o aprendizado é um determinante essencial da atividade inovadora. O aprendizado é, então, absolutamente determinante das conclusões às quais o modelo chega.

CONCLUSÃO

Relembrando, os principais objetivos deste trabalho eram: por um lado, discutir de que forma o aprendizado era incorporado por recentes modelos de crescimento econômico e, por outro, verificar em que medida as hipóteses feitas sobre o aprendizado eram determinantes das conclusões às quais os modelos chegavam. Acreditamos que estes objetivos tenham sido plenamente alcançados.

No primeiro modelo analisado no terceiro capítulo deste trabalho, Lucas (1988) considera que a fonte de crescimento econômico é a acumulação de capital humano pelos agentes econômicos, sejam estes individuais ou coletivos. O capital humano é acumulado através de uma decisão consciente do agente nesse sentido, com base no tempo que ele dedica ao estudo. O aprendizado que se considera nesse primeiro caso é um aprendizado do tipo que qualificamos inicialmente como formal.

Ainda no que diz respeito a esse primeiro modelo de Lucas, a trajetória ótima prevê a convergência dos níveis e das taxas de crescimento das economias internacionais.

No segundo modelo apresentado por esse mesmo autor, a introdução do aprendizado do tipo informal, ou seja, aquele que é acumulado involuntariamente pelo agente, faz com que surja um primeiro elemento de divergência: a diferença entre os níveis de renda dos países tende a se manter ao longo do tempo, apesar das taxas de crescimento apresentarem um comportamento convergente. Consideramos que isto representa um razoável avanço da teoria *mainstream* no sentido de explicar o comportamento real das economias nacionais quanto ao seu padrão de crescimento. Enfatizamos, porém, que nos modelos apresentados por Lucas, estão mantidos os pilares básicos da teoria neoclássica, quais sejam: o equilíbrio e a racionalidade substantiva²⁵.

Podemos concluir que o aprendizado é incorporado por ambos os modelos. O aprendizado assume, porém, um caráter particularmente importante no segundo modelo, na medida em que torna-se o elemento explicativo da disparidade dos níveis de renda verificados entre os diversos países no mundo. Dito de outra forma, o modelo de Lucas encontra no aprendizado involuntário

²⁵ Na verdade o autor adota a hipótese das expectativas racionais, que inicialmente teorizada por ele mesmo.

uma explicação para o fato de que países inicialmente ricos tendem a perpetuar sua condição, o mesmo valendo para países pobres. Lembremos que a teoria ortodoxa do crescimento econômico previa, no início dos anos 60, a convergência dos níveis de renda e das taxas de crescimento no longo prazo.

Na segunda parte do terceiro capítulo, vimos que o modelo de Romer (1990) incorpora explicitamente apenas o aprendizado do tipo formal. O crescimento econômico, nesse modelo, resultava da acumulação de conhecimento. Este último, por sua vez, aparecia materializado em novos *designs*, desenvolvidos num setor específico da economia denominado setor de pesquisa. Seria, portanto, através da atividade de P&D, onde o aprendizado considerado é de natureza formal, que se daria a produção de conhecimento novo.

A grande inovação operada por Romer em seu modelo, diz respeito ao estímulo à produção privada de conhecimento novo. Na abordagem ortodoxa, assim como no modelo de Lucas, o conhecimento é considerado como um bem público, ou seja, é simultaneamente não-rival e não-excludable²⁶. A falta de estímulo à produção de conhecimento novo deriva, portanto, da incapacidade do agente de se apropriar privadamente dos benefícios resultantes da aplicação ou comercialização desse novo conhecimento.

Ao introduzir um certo grau de *excludability* num dos setores da economia, o setor de bens duráveis de produção, Romer consegue criar um incentivo para a produção de conhecimento novo sem romper com o quadro referencial de concorrência. Trata-se, todavia, de uma concorrência imperfeita.

O mecanismo através do qual se define a apropriabilidade do conhecimento é o mecanismo de patentes. O objeto da patente, no modelo de Romer, é o uso específico que é dado a um novo *design*. Assim sendo, ao patentear a produção de um determinado bem de produção, a firma passa a ter todo o incentivo para investir em P&D justamente porque, neste caso, ela pode se apropriar totalmente dos ganhos advindos da utilização direta de um novo conhecimento.

No que diz respeito a discussão sobre o crescimento econômico, este é resultante, por um lado, dos rendimentos marginais crescentes aos quais está submetido o setor de pesquisa, por outro,

²⁶ Vimos no primeiro e no terceiro capítulos que um dos problemas de se considerar um certo grau de *excludability* do conhecimento novo produzido é que isto geraria uma situação de monopólio deste conhecimento assim como dos benefícios dele resultantes (Dasgupta & Stiglitz, 1988). Isto significava, evidentemente, uma ruptura indesejada com a hipótese de concorrência perfeita.

da produtividade marginal crescente que o conhecimento tem no processo produtivo. Além disso, um conhecimento novo é resultante de uma ação voluntária da firma no sentido de desenvolvê-lo, que origina aprendizado do tipo formal, e não um subproduto das outras atividades, obtido de forma involuntária.

A importância que o aprendizado assume nesse modelo, *vis à vis* as suas conclusões, está relacionada com a manutenção do referencial de concorrência, mesmo que não se trate de concorrência perfeita. Explicando melhor, é a possibilidade de firmas não patenteadoras estudarem novas aplicações para um dado *design*, que garante que a apropriabilidade de um conhecimento novo não seja completa e que a economia não tenda a uma situação de monopólio como a descrita por Dasgupta & Stiglitz (1988).

Romer não aprofunda a discussão sobre a diferenciação do padrão de crescimento das economias nacionais.

No quarto capítulo do presente trabalho passamos a analisar o modelo evolucionista de Dosi, Fabiani, Aversi & Meacci (1994). O aprendizado é incorporado pelo modelo de diferentes formas: os agentes fixam o seu padrão de comportamento segundo rotinas que estão intimamente relacionadas com o passado da firma. Esta idéia supõe a existência de aprendizado tanto do tipo formal quanto informal.

Esse modelo considera que o aprendizado acumulado pela firma no passado é de vital importância para o seu desempenho futuro. Isto fica claro quando ao escrevermos a probabilidade de uma inovação ou uma imitação ter sucesso, consideramos não somente os trabalhadores envolvidos na atividade corrente de pesquisa mas, também, aqueles envolvidos em períodos anteriores.

A proximidade da fronteira tecnológica se relaciona, para frente, com a capacidade da firma transitar para uma outra trajetória tecnológica, introduzindo uma inovação radical, e, para trás, com o nível de aprendizado tecnológico da firma, de forma que existe uma relação direta entre este último e a capacidade de inovação e/ou imitação da firma.

Em função do fato de que o comportamento das variáveis macroeconômicas é dado pela agregação dos comportamentos a nível micro, as decisões de produção da firma se refletem diretamente no produto agregado gerado e na forma como ele evolui ao longo do tempo. Dito de

outra forma, o crescimento econômico é resultante, para esta abordagem, do intrincado conjunto de relações entre firmas inovadoras e imitadoras.

Assim sendo, podemos concluir que o aprendizado está na própria raiz da explicação do crescimento econômico, uma vez que determina a capacidade inovadora e imitadora das firmas.

No que diz respeito ao comportamento das economias nacionais, o modelo de Dosi *et alii* é, na verdade, um algoritmo que permite a simulação por computador da evolução dinâmica das diferenças entre os países no que se refere aos níveis e taxas de crescimento da renda. Os resultados gerados a partir da simulação apresentam características muito semelhantes ao comportamento real da economia. Mais especificamente, mostram que os países tendem a apresentar um comportamento divergente no que se refere aos seus níveis de renda e às taxas de crescimento. Dito de outra maneira, as assimetrias existentes entre os países tendem a se aprofundar ao longo do tempo.

Feitas essas considerações finais, é importante ressaltar que este trabalho representa um corte teórico em dois sentidos. Por um lado, nos propusemos a estudar o crescimento econômico e, por outro, escolhemos alguns modelos que consideramos mais representativos. Deixamos de abordar, portanto, não somente uma série de outros modelos que também tratam do assunto como fomos obrigados a contornar, muitas vezes, outros temas referidos, de uma forma ou de outra, pelos modelos. Ao chamarmos a atenção para este fato, pretendemos mostrar que existe um vastíssimo campo de estudo que pode se tornar alvo de maior aprofundamento, tanto no que diz respeito aos modelos em si, quanto no que se refere à questão do crescimento.

Além disso, uma conclusão final que pode ser tirada do presente trabalho é que a linha que delimita a fronteira entre as duas abordagens estudadas é, na verdade, muito mais tênue do que pretende uma leitura simplista e caricatural.

O próprio pensamento científico não é estático, muito pelo contrário, supõe a incorporação de críticas e a constante tentativa de romper com limitações existentes. Neste sentido, o *mainstream* tem incorporado uma série de nuances levantadas pela abordagem evolucionista, a partir de Nelson & Winter (1982). A grande questão que se coloca é sobre a capacidade que o *mainstream* tem de incorporar progressivamente as características do conhecimento, sem, com isso, romper com o paradigma do equilíbrio e da racionalidade substantiva.

Referências Bibliográficas

- ARROW, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, v. 29, p. 115-173.
- BAIROCH, P. & LEVY-LEBOYER, M. (1981). *Disparities in economic development since the industrial revolution*. St. Martin's Press, NY.
- BECKER, G. (1964). *Human capital*. Columbia University Press for National Bureau of Economic Research, New York.
- CASS, D. (1965). Optimum growth in a aggregative model of capital accumulation. *Review of Economic Studies*, v. 32, p. 233-240.
- CHIAROMONTE, F. & DOSI, G. (1992). Les microfondements de la compétitivité et leurs conséquences macroéconomique. In FORAY, D. & FREEMAN, C. *Technologie et richesse des nations*. Economica, Paris.
- DASGUPTA, P. & STIGLITZ, J. (1988). Learning by doing, market structure and industrial and trade policies. *Oxford Economic Papers*, v. 40, n. 2, p. 246-268.
- DASGUPTA, P. & STONEMAN, P. (1988). *Economic policy and technological performance*. Cambridge University Press, Cambridge. Engl.
- DOSI, G. (1995). The contribution of economic theory to the understanding of a knowledge-based economy. *Working Papers* WP 95-56, IASA, Laxenburg, Austria.
- DOSI, G. ; FABIANI, S. ; AVERSI, R. & MEACCI, M. (1994). The dynamics of international differentiation: a multi-country evolutionary model. *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 1, p. 225-242.
- DOSI, G., TEECE, D. & WINTER, S. (1992). Towards a theory of corporate coherence. In DOSI, G., GIANNETTI, R. & TONNELLI, A. *Technology and enterprise in a historical perspective*. Oxford University Press, Oxford.

- GUIMARÃES, E. (1982). O mercado externo como esboço para o potencial de crescimento das firmas: o processo de internacionalização do oligopólio. In *Acumulação e crescimento da firma: um estudo da organização industrial*. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro.
- KALDOR, N. (1957). A model of economic growth. *Economic Journal*, v. 67, p. 591-624.
- KOOPMANS, T. (1966). On the concept of optimal economic growth. In *Economic approach to development planning*. Pontificia Acad. Sci. Amsterdam
- LUCAS, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, v. 22, p. 3-42.
- LUNDVALL, B. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In DOSI *et alii* *Technical Change and Economic Theory*. Pinters Publishers. Londres. p. 349-369
- NELSON, R. & WINTER, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- PAVITT, K. (1984). Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, North Holland. p. 343-373.
- POLANYI, M. (1966). *The tacit dimension*. Routledge Kegan & Paul. Londres.
- POSSAS, M. (1994). *Em direção a um paradigma micro dinâmico: a abordagem neoschumpeteriana*. Texto para discussão nº , IEI - UFRJ.
- RAMSEY, F. (1928). A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, v. 38, p. 543-559.
- ROMER, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, v. 94, p. 1002-1037.
- ROMER, P. (1990) Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v. 98, p. S71-S102.
- ROSENBERG, N. (1982). *Inside the black box*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- SCHULTZ, T. (1963). *The economic value of education*. Columbia University Press. New York.
- SCHUMPETER, J. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. New York, Harper.
- SOLOW, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94.

SOLOW, R. *Siena lectures on endogenous growth theory*. Università degli Studi di Siena. Siena. (1992).

USAWA, IL (1965). Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. In *International Economic Review*, v. 6, p. 18-31.