

ISSN 1984-5588

## **Textos para Discussão FEE N° 120**

**Secretaria do Planejamento, Gestão e Participação Cidadã**

**Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser**

### **Padrões históricos da mudança tecnológica e a propagação tardia das revoluções tecnológicas para a periferia**

**Cesar S. Conceição**

**Porto Alegre, março de 2014**



## SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, GESTÃO E PARTICIPAÇÃO CIDADÃ

**Secretário: João Motta**



**Fundação de  
Economia e  
Estatística**

### DIRETORIA

**Presidente:** Adalmir Antonio Marquetti

**Diretor Técnico:** André Luis Forti Scherer

**Diretor Administrativo:** Roberto Pereira da Rocha

### CENTROS

**Estudos Econômicos e Sociais:** Renato Antonio Dal Maso

**Pesquisa de Emprego e Desemprego:** Dulce Helena Vergara

**Informações Estatísticas:** Juarez Meneghetti

**Informática:** Valter Helmuth Goldberg Junior

**Documentação:** Tânia Leopoldina P. Angst

**Recursos:** Maria Aparecida R. Forni

## TEXTOS PARA DISCUSSÃO

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pela FEE, ou de interesse da instituição, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões. Todas as contribuições recebidas passam, necessariamente, por avaliação de admissibilidade e por análise por pares. As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Fundação de Economia e Estatística.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte.

Reproduções para fins comerciais são proibidas.

<http://www.fee.rs.gov.br/textos-para-discussao>

# Padrões históricos da mudança tecnológica e a propagação tardia das revoluções tecnológicas para a periferia

Cesar S. Conceição\*

Doutor em Economia PPGE/UFRS e pesquisador da FEE

## Resumo

*O texto faz uma discussão do desenvolvimento econômico como um processo coevolucionário entre tecnologia e instituições. A partir de uma discussão sobre a importância da mudança tecnológica, sua natureza e forma de evolução, procura-se mostrar que esse processo não ocorre de maneira contínua ao longo do tempo, mas sim, através de sucessivas ondas de mudança estrutural provocadas pela emergência e difusão de revoluções tecnológicas. Na base deste processo evolutivo, estão as inovações e suas interações com sistemas tecnológicos, cujo progressivo desenvolvimento caracteriza o padrão de crescimento do período, concentrado em setores e indústrias específicas. Tal perspectiva permite compreender as diferentes trajetórias de crescimento observadas na economia mundial como resultado das diferenças institucionais, no modo de utilizar, aperfeiçoar, desenvolver e difundir as novas tecnologias, produtos e processos, dentro de um contexto histórico de evolução social.*

**Palavra-chave:** Mudança tecnológica; Instituições; Desenvolvimento econômico.

## Abstract

*This paper aims to discuss the economic development as a coevolutionary process between technology and institutions. From a discussion on the importance of technological change, its nature and form of evolution, it attempts to show that this process does not occur continuously over time, but through successive waves of structural change caused by the emergence and diffusion of technological revolutions. At the base of this process, are the innovations and their interactions with technological systems, whose progressive development characterized the growth pattern of the period, focusing on specific sectors and industries. This perspective allows us to understand the different growth trajectories observed in the world economy as a result of institutional differences in how to use, improve, develop and disseminate new technologies, products and processes, within a historical context of social evolution*

**Key words:** Technical change; Institutions; Economic Development.

**Classification JEL:** o33.

## 1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma discussão do processo de desenvolvimento econômico dentro da perspectiva evolucionária. Tal perspectiva busca compreender o desenvolvimento como um processo caracterizado pela coevolução entre tecnologia e instituições (NELSON, 2011). No entanto, esse processo evolutivo

---

\* E-mail: cesar@fee.tche.br

não ocorre de maneira contínua ao longo do tempo, mas sim, através de sucessivas ondas de mudança estrutural provocadas pela emergência e difusão de revoluções tecnológicas. Na base deste processo estão as inovações e suas interações com sistemas tecnológicos, cujo progressivo desenvolvimento caracteriza o padrão de crescimento do período, concentrado em setores e indústrias específicas.

Desde a revolução industrial, o sistema econômico capitalista atravessou cinco ondas de “destruição criadora”, resultante da emergência e propagação das revoluções tecnológicas (PEREZ, 2002). As inovações são o elemento central da transformação estrutural das economias capitalistas, e estão na base do surgimento de firmas, indústrias, setores, produtos e serviços inteiramente novos, capazes de caracterizar o padrão de crescimento de um período ou as sucessivas fases históricas do desenvolvimento. A partir das observações históricas, as revoluções tecnológicas surgem nos países industrializados e se difundem tardiamente para os países mais atrasados. Na interpretação evolucionária, cada sucessiva revolução tecnológica conduz a uma massiva substituição do conjunto de tecnologias existentes por tecnologias superiores, bem como à revitalização de setores industriais (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001; PEREZ, 2010). Estas mudanças profundas levam à transformação do modo de organização da sociedade, nos tipos de habilidades requeridas pelas indústrias. Da mesma forma, implicam na recorrente necessidade de ajuste do marco institucional e regulatório capaz de ampliar e facilitar o funcionamento das novas tecnologias – ou da “nova economia” (PEREZ, 2010).

Ao revolucionar as estruturas produtivas e conduzir ao surgimento de sucessivos padrões de produção e de organização da atividade produtiva nas firmas, cada revolução tecnológica implica em um processo de divergência das taxas de crescimento e, portanto, de desequilíbrio entre diferentes firmas, indústrias, países e regiões mundiais. O restabelecimento das condições e a plena utilização do novo potencial trazido pelas novas tecnologias é um processo complexo, e que depende, portanto, das condições sociais e econômicas, historicamente construídas pelos países ao longo do tempo.

As diferentes trajetórias e padrões de crescimento de longo prazo observados na economia mundial são o resultado desse processo cíclico e evolutivo de mudança tecnológica e estrutural, onde o papel das instituições é essencial para dar suporte na geração, difusão e exploração do conhecimento tecnológico, bem como à implementação das mudanças organizacionais e estratégias das firmas. As nações que se mostram mais favoráveis às mudanças institucionais adequadas às novas tecnologias e aos “paradigmas tecnoeconômicos” de cada período exibem rápido crescimento e ingressam em uma trajetória de *catching up* e desenvolvimento. Por outro lado, a rigidez ou inércia institucional dos países pode resultar na prolongada incompatibilidade entre seu sistema institucional e o crescimento potencial das novas tecnologias, inviabilizando o ingresso na trajetória de desenvolvimento com *catching up*. Contudo, existe um consenso de que não há um determinismo tecnológico nesse processo. A mudança tecnológica e o avanço do desenvolvimento é parcialmente resultado das influências sociais, políticas e culturais dos países.

A partir dessa introdução, o trabalho está organizado da seguinte forma. Na seção 2, faz-se uma discussão teórica das contribuições de autores clássicos quanto a importância do papel da mudança tecnológica e das instituições na compreensão da evolução do sistema econômico. A seção 3 discute a contribuição da moderna economia evolucionária, estabelecendo a relação entre o padrão de aprendizado micro e a evolução da tecnologia e estruturas industriais em âmbito macro. Na seção 4, discute-se as implicações para a compreensão do

desenvolvimento capitalista como um processo de mudança estrutural causado pelas revoluções tecnológicas. A seção 5 analisa as implicações da irregularidade da propagação das revoluções tecnológicas. Na seção 6 são discutidas as dificuldades e oportunidades do desenvolvimento das economias periféricas, explicando assim as distintas trajetórias de *catching up* e *falling behind* na economia mundial. Na seção 7, discute-se a importância das instituições nas trajetórias de crescimento. Por fim, têm-se as observações finais.

## 2 Mudança tecnológica e desenvolvimento econômico como um processo evolucionário

A profunda relação entre mudança tecnológica e desenvolvimento econômico é amplamente reconhecida na teoria econômica, cuja tradição teórica resgata autores clássicos do pensamento econômico. Desde Adam Smith e Karl Marx, a dinâmica econômica do crescimento econômico pode ser caracterizada por um processo evolucionário, onde as empresas capitalistas eram vistas como pelos fins lucrativos, e os ramos da atividade, como competitivos (NELSON, 2006, p. 24). Da mesma forma Marshall, que apesar da teoria formal elaborada, esteve preocupado com o processo de crescimento e desenvolvimento econômico de longo prazo. Sob enfoques distintos, muitos autores têm em comum a percepção de um processo evolutivo, concebido pela coevolução das tecnologias, firmas e das instituições. Nesse sentido, “[...] a visão evolucionária do desenvolvimento socioeconômico em geral, e da mudança tecnológica, em particular, não é recente no pensamento econômico. Seus antecedentes remontam trabalhos dos economistas clássicos” (CLARCK; JUMA, 1988, p. 200).

Marx, considerado um dos maiores teóricos e críticos do capitalismo, foi um grande admirador do avanço tecnológico e das inovações (FREEMAN, 2008). O dinamismo tecnológico, impulsionado pela concorrência capitalista e pelo conflito capital-trabalho, se associa à emergência histórica das instituições capitalistas que favorecem e aceleram a mudança tecnológica e o próprio processo de acumulação de capital. Numa perspectiva histórica, o desenvolvimento das forças produtivas constitui a lei de movimento da economia capitalista, onde o capital deve revolucionar as condições técnicas e organizacionais do processo de trabalho, de modo a aumentar a produtividade do trabalho (MARX, 1982, p. 510). Neste contexto, o principal modo das firmas capitalistas manterem a competitividade decorre do aumento da produtividade através da introdução de máquinas novas e mais eficientes. Nesse sentido, tanto para Marx, como para Smith, a concorrência capitalista atua como mecanismo que induz a introdução de progresso técnico na firma, tornando endógeno ao sistema econômico a mudança estrutural com inovações.

Na medida em que a grande indústria se desenvolve, a criação da riqueza efetiva passa a depender menos do tempo de trabalho e da quantidade empregada do que do poder dos agentes postos em movimento. Conforme observado por Marx, a criação da riqueza passa a depender cada vez mais “do nível geral da ciência e do progresso da tecnologia, ou da aplicação dessa ciência à produção” (MARX, 2011, p. 588). Nesse contexto, Marx enfatiza a natureza descontínua da evolução social, um processo evolucionário que ocorre de maneira progressiva no capitalismo. Ao longo do tempo histórico, novas forças produtivas emergem, não exogenamente ou como um

misterioso “*Deus ex machina*”, mas como resultado de um processo dialético e histórico amplo, no qual as forças produtivas mais antigas e as relações de produção desempenham papel fundamental (ROSENBERG, 2006, p. 75).

A partir da visão dinâmica e evolutiva de Marx, Schumpeter traz questões que, posteriormente, entraram no centro do debate do desenvolvimento econômico: o papel da mudança tecnológica no processo de evolução e mudança do sistema econômico. A firma e o empresário são considerados os veículos da inovação e, portanto, responsáveis pela transformação do sistema. A concorrência com inovações tem caráter dinâmico, pois estabelece a vantagem decisiva de custo ou qualidade que atinge, não a margem dos lucros e produções das firmas existentes, mas sim, suas fundações e suas próprias vidas (SCHUMPETER, 1961).

A análise de Schumpeter, portanto, é voltada a compreender os efeitos da mudança tecnológica sobre as transformações estruturais das economias, onde as novas estruturas emergem em um sistema sujeito a rupturas e descontinuidades. O capitalismo é entendido como um processo evolucionário de contínua introdução de inovações e pelo processo de destruição criadora, tal como havia enfatizado Marx (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001). Nessa perspectiva, o aspecto essencial que se deve captar do sistema capitalista é seu caráter evolutivo, uma forma ou método de mudança econômica que nunca pode estar estacionário (SCHUMPETER, 1961, p. 112). Portanto, a questão teórica central de Schumpeter é a análise das causas do movimento do sistema econômico, em especial, seus movimentos cíclicos e de evolução. Nesse sentido, sua teoria buscou compreender os fatores que influenciam e alteram o sistema de maneira endógena, o que permite analisar suas características inerentes (SCHUMPETER, 1989, p. 2).

Em *Business cycles*, Schumpeter (1989, p. 61) define precisamente sua visão evolucionária da mudança econômica, ao afirmar que o processo de evolução econômica decorre das “mudanças do processo econômico trazido pelas inovações, juntamente com todos seus efeitos e respostas dadas pelo sistema econômico”. A história é repleta de violentas mudanças e catástrofes, as quais constituem a forma como o sistema capitalista evolui. A evolução ocorre com “[...] distúrbios das estruturas existentes, mais como uma série de explosões do que uma suave, embora incessante, transformação” (SCHUMPETER, 1989, p. 77). Nesse sentido, o conceito de evolução é equivalente à noção de desenvolvimento econômico, e a economia é entendida, teoricamente, como um processo evolucionário sempre mudando no tempo histórico.

Apesar da inovação estar no centro da discussão teórica do processo de crescimento econômico e de desenvolvimento, a análise de Schumpeter não analisa a origem das inovações ou a gestação das inovações em nível microeconômico. Freeman (2011, p. 130) considera os ciclos econômicos de Schumpeter uma consequência do aparecimento dos *clusters* de inovações. No entanto, não há uma explicação para o surgimento de forma agrupada em *clusters* e com tipos particulares de periodicidade. Para Schumpeter, o que encoraja e induz a inovação e, portanto, explica por que elas se agrupam no tempo e em determinados setores, resulta do surgimento de indivíduos diferenciados, dotados de inteligência e energia excepcional (FREEMAN, 2011, p. 132). Tal perspectiva sugere uma relativa negação de elementos essenciais para uma teoria satisfatória dos ciclos econômicos e da evolução econômica: a interdependência tecnológica e econômica das inovações e a existência de trajetórias tecnológicas (FREEMAN, 2011, p. 132).

A história da ciência, tecnologia, invenção, inovação e difusão das inovações mostra o papel importante das grandes descobertas e inovações na transformação do sistema econômico, como destacado por Schumpeter. No entanto, é importante o reconhecimento das inumeráveis contribuições que são menores em termos de impacto e que

são incrementais, juntamente com as instituições que permitem acumular, disseminar e aplicar do novo conhecimento no sistema econômico. Nesse contexto, a invenção, inovação e a acumulação tecnológica devem ser consideradas resultado do processo social. Portanto, avançar na compreensão teórica do desenvolvimento econômico como um processo evolucionário requer reconhecer a importância das firmas, mas também as instituições sociais (como laboratórios de pesquisa, departamentos de *design*, universidades, etc.), as quais facilitam as atividades de invenção e inovação das firmas, que coevoluem com o avanço da tecnologia.

Nesse sentido, Perez (1983) e Freeman (2011) destacam a necessidade em avançar na teoria a partir de Schumpeter, ao reconhecer que a função do empresário pode ser desempenhada de maneira variada entre as diferentes firmas, tecnologias, países e períodos históricos. A compreensão desse processo dá forma ao conceito de sistemas nacionais de inovação, ao incorporar a dimensão institucional do processo de inovação. A rede de suporte de instituições técnicas e científicas, infraestrutura e o próprio ambiente social, cultural e econômico, tornam-se elemento central para explicar o crescimento e a difusão das inovações, vinculando, de certa forma, a contribuição de Schumpeter do papel das inovações nos ciclos econômicos com a contribuição institucionalista, consolidando um amplo campo de pesquisa da moderna análise evolucionária (NELSON, 2011, p. 269). A compreensão do avanço tecnológico e suas influências sobre o sistema econômico dá origem a uma forma particular de teoria de desenvolvimento, apresentada por Perez (1983) e Freeman e Perez (1988), capaz de explicar a diversidade de trajetórias de desenvolvimento dos países no tempo histórico, associando a dinâmica microeconômica com os amplos padrões macroeconômicos de crescimento.

### **3 Moderna contribuição evolucionária: aprendizado, diversidade e evolução tecnológica**

Apesar da longa tradição evolucionária do pensamento econômico, a origem da moderna escola evolucionária pode ser encontrada em duas contribuições de autores neoschumpeterianos. Por um lado, a vertente macroeconômica, a partir da contribuição de Freeman, ao reinterpretar a teoria das ondas longas do crescimento de Schumpeter, onde a inovação é central. Por outro lado, a vertente microeconômica, a partir da contribuição de Nelson e Winter (1982), voltada para o estudo da inovação e da conseqüente transformação das firmas e estruturas industriais (CORIAT; WEINSTEIN, 1995, p. 109). A partir dessas contribuições, ao articular um conjunto de contribuições até então dispersas, a moderna teoria evolucionária se forma de maneira consistente e abre um horizonte de novas pesquisas teóricas e empíricas para o estudo da relação entre mudança tecnológica, dinâmica industrial e crescimento econômico.

A partir de Nelson e Winter (1982), se destaca a importância da relação da firma com o avanço da tecnologia, juntamente com os efeitos sobre as estruturas econômicas da sociedade. O trabalho desses autores se funde ao trabalho de Dosi (1982; 1988) e outros autores da análise da firma e da evolução da tecnologia, permitindo estabelecer uma visão teórica alternativa à teoria neoclássica.

A firma passa a ser analisada como um resultado evolutivo de formas organizacionais, caracterizadas por suas competências incorporadas nas rotinas, que evoluem no tempo histórico, como resultado do próprio processo de

aprendizado interno frente às mudanças do ambiente econômico. Dessa forma, tal perspectiva permite compreender a variedade de padrões de evolução das firmas nos diferentes países, ao destacar as especificidades institucionais que moldam e restringem as estratégias e a mudanças organizacionais das firmas nos diferentes ambientes (DOSI; MALERBA, 1996, p. 1). As mudanças tecnológicas levam a mudanças no comportamento das firmas, as quais estão inseridas em um processo de evolução institucional diferenciado entre os países.

No entanto, como destacado por Nelson (1987, p. 13), em analogia com a concepção de Schumpeter do fluxo circular, se adotadas as suposições de ausência de inovação no sistema, ou se assumido que a pressão do processo de seleção funciona automaticamente sobre as respostas das firmas frente às mudanças de condições exógenas, então, “[...] o modelo evolucionário se aproxima do modelo neoclássico, com equilíbrio e maximização” (NELSON, 1987, p. 13; tradução nossa). No entanto, o modelo de Nelson e Winter (1982) propõe analisar como ocorre a geração de progresso técnico (a busca por inovação), os procedimentos e impactos sobre as estruturas industriais que estão em permanente mudança, tornando necessário investigar os microfundamentos da dinâmica econômica, observando o que as firmas realmente fazem e como interagem em ambientes evolucionários de mudança técnica. Contudo, nesse ambiente mutante, a atividade econômica ocorre em um contexto que nem sempre é familiar ou compreendido pelos atores econômicos (NELSON, 2006a, p. 20). Esse imperfeito entendimento e o resultante processo de aprendizado imperfeito implica na persistente heterogeneidade e assimetrias entre os agentes (DOSI, 1997, p. 1531; tradução nossa).

Portanto, enquanto a abordagem neoclássica está preocupada com a análise do equilíbrio, a natureza da investigação evolucionária é diferente, justamente pelo fato de sua preocupação ser com o processo de transformação das estruturas existentes e com a emergência e possível difusão da novidade que, constantemente, gera incerteza e abala o equilíbrio<sup>1</sup> (HODGSON, 1999, p. 29). Para Hodgson (1999, p. 141), o mundo real é de incerteza e de contínua mudança, com evolução dos padrões e emergência de novidades. Assim, “[...] enquanto os economistas evolucionários estão envolvidos com um universo que está aberto, de modo que a emergência de novidades é permitida, a economia neoclássica implica sistemas fechados e reprime novidade” (HODGSON, 1999, p. 141; tradução nossa).

A noção de evolução socioeconômica, portanto, requer considerar o papel crucial da inovação, da emergência da novidade e da sua disseminação/difusão. Como resultado, os pressupostos tradicionais da teoria microeconômica devem ser invertidos para que se possa compreender o processo de mudança e evolução<sup>2</sup>. Ou seja, para entender o processo de mudança econômica e evolução das estruturas indústrias e da própria trajetória de crescimento econômico dos países, deve-se considerar que “[...] cada firma é diferente por ser afetada de maneira diferente pela mudança técnica” (DOSI, 2006, p. 25). Nesse ambiente de mudança e evolução, o equilíbrio é questionável e uma teoria evolucionária para entender o processo de mudança econômica se justifica.

Portanto, uma análise evolucionária deve incorporar a dimensão temporal como parte integrante da análise e também focar elementos na sociedade que fundamentam e causam a mudança. Ou seja, a trajetória resultante – a

---

<sup>1</sup> Para este autor, na economia neoclássica, mesmo se a informação for imperfeita, os problemas de informação são tipicamente resultado de riscos probabilísticos, excluídos fenômenos de ignorância severa e divergente percepção dos agentes individuais de uma dada realidade. Por essa razão, exclui-se do modelo neoclássico, a noção de incerteza, explorada por Keynes.

<sup>2</sup> Tradicionalmente, a teoria neoclássica parte das hipóteses gêmeas de firma representativa e do indivíduo dado. Dessa forma as firmas são iguais e a mudança técnica é ausente. São essas hipóteses que levam a elaboração dos teoremas da concorrência pura que conduzem a uma análise de equilíbrio (HODGSON, 1999).

evolução temporal da estrutura industrial, que vai sendo modificada endogenamente, por meio de inovações e de sua seleção pelo mercado – é o objeto de análise (POSSAS, 2002, p. 422). Nessa perspectiva, os agentes são sempre capazes de descobrir novas tecnologias, novos padrões de comportamento, novos arranjos organizacionais, permitindo o contínuo aparecimento de diversidade de novas formas. De maneira relacionada, enquanto a adaptação e a descoberta geram variedade, as interações coletivas dentro e fora dos mercados agem como mecanismos de seleção, resultando também em crescimento diferenciado (e possivelmente o desaparecimento) de entidades portadoras das diversas tecnologias, rotinas, estratégias, etc. Como resultado, “[...] os fenômenos agregados (isto é, as regularidades no processo de crescimento dos países ou da estrutura industrial, etc.) são explicados como propriedades emergentes<sup>3</sup>”, resultado coletivo de aprendizado heterogêneo e das interações fora do equilíbrio (DOSI, 1997, p. 1531; tradução dos autores).

Tendo em vista que as firmas e indivíduos tomam decisões em contextos incertos e, portanto, possuem uma informação imperfeita da realidade, o foco no processo de aprendizado torna-se central. Os modelos evolucionários formais têm sido voltados para a compreensão dos processos de como o conhecimento é produzido, difundido e economicamente explorado.

Conforme Dosi, Marengo e Fagiolo (2003, p. 26), uma primeira propriedade que se destaca a partir do avanço da teoria evolucionária moderna, é a constatação da existência de uma grande diversidade de modos de aprendizado e fontes de conhecimento entre as tecnologias e entre os setores<sup>4</sup>. Essa diversidade de modos de aprendizado é considerada “[...] a maior determinante dos diversos padrões de evolução das estruturas industriais” (DOSI; MARENGO; FAGIOLO, 2003, p. 26).

A partir da análise micro evolucionária, os autores observam a existência de famílias de tecnologias e setores conforme suas fontes de conhecimento da inovação e típicos procedimentos para realizá-las. Isso permite identificar possíveis invariâncias entre as tecnologias e seus padrões de aprendizado capazes de explicar o processo histórico de crescimento econômico e sua diversidade entre países. Tal perspectiva permite explicar os mecanismos de indução da mudança tecnológica e forma de evolução da tecnologia capaz de estabelecer a relação entre o processo de aprendizado microeconômico, a diversidade institucional e os padrões de crescimento das indústrias e países ao longo do tempo.

---

<sup>3</sup> Como destacado por Hodgson (1998a, p. 421), a compreensão da evolução Darwiniana conduziu a ideia de nível emergente da evolução socioeconômica, a qual não se explica exclusivamente em termos de características biológicas dos indivíduos envolvidos. A evolução ocorre no nível emergente, assim como, sem qualquer necessidade de mudança nas características bióticas dos seres humanos. Da mesma forma, Hodgson (2007, p. 103), afirma que: “[...] as unidades existem em um nível superior (macro) que não são um mero fenômeno das unidades do em nível inferior. Uma hierárquica ontológica viável e irreduzível depende da noção de propriedades emergentes. Uma propriedade pode ser considerada emergente se sua existência e natureza dependem das entidades do nível inferior (micro), mas essa propriedade não é redutível nem pode ser prevista pelas propriedades das entidades encontradas no nível inferior (micro)”.

<sup>4</sup> Os autores destacam que em algumas atividades o conhecimento é acumulado, principalmente, via mecanismos informais, como *learning by doing* ou por interação (*learning by interacting*) com clientes, fornecedores, como também em atividades formais, como atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Em alguns campos, o conhecimento é gerado internamente e específico a aplicações particulares, em outros, decorrem do avanço da pesquisa acadêmica e avanços científicos.

## 4 Mudança técnica, inovação e revoluções tecnológicas no desenvolvimento econômico

A partir do conceito de paradigma tecnológico de Dosi (1982), os trabalhos de Perez (1983) e Freeman e Perez (1988) introduzem o conceito de paradigma tecnoeconômico como forma de descrever o conjunto de instituições que são necessárias para o emprego, exploração e desenvolvimento efetivo das novas tecnologias. Dentro dessa perspectiva, Perez (1985, p. 442) enfatiza que a tecnologia é muito mais do que uma questão de ciência ou de engenharia: tecnologia é uma questão econômica e social (PEREZ, 1985, p. 442). O argumento dos autores é de que as tecnologias dominantes de uma época são fundamentais na formação do paradigma. O foco do conceito recai sobre a maneira de fazer as coisas, nos hábitos de pensar, nas formas institucionais e organizacionais, e não apenas na tecnologia no estrito sentido do termo (NELSON, 2011, p. 270).

Perez (1983) destaca que o processo de inovação se caracteriza pela aplicação e difusão das técnicas específicas na esfera produtiva determinado pelas condições sociais e condições econômicas objetivando o lucro. No entanto, esse processo de busca exige a tentativa permanente das firmas de tornar as invenções em inovações. Ou seja, fazer com que as possibilidades tecnológicas e descobertas científicas se tornem realidades econômicas. Através das decisões de investimento e de financiamento, os esforços tecnológicos seguem direções particulares – ou paradigmas tecnológicos e suas trajetórias, na expressão de Dosi (1982). Nesse sentido, o espaço onde a mudança tecnológica necessita ser estudada é o da inovação, da convergência da tecnologia, da economia e do contexto sócio-institucional (PEREZ, 2010, p. 186).

Na noção de paradigmas tecnológicos de Dosi (1982), as inovações seguem um padrão de evolução, onde a introdução de uma inovação radical torna-se objeto de inúmeras inovações incrementais que conduzem a sua otimização e padronização relativa do processo ou produto, até que seu avanço implique em retornos decrescentes. Ou seja, as mudanças ocorrem lentamente no primeiro momento, enquanto produtores, projetistas e *designers*, distribuidores e consumidores se envolvem em um processo de *feedback* de aprendizagem (PEREZ, 2010, p. 187). Uma vez atingido um *design* dominante e estabelecido no mercado, o ritmo de inovações diminui, quando alcança a fase de maturidade. Ao longo do tempo, o nível de produtividade alcançado por um processo tecnológico particular avança sujeito a sucessivas melhorias através de investimento adicional, como ocorre em muitos processos de crescimento biológico e modelos epidêmicos.

Juntamente com o ritmo de desenvolvimento, uma trajetória também envolve a direção dentro do espaço de possibilidades. Como enfatizado, o paradigma representa a concordância dos agentes envolvidos, a padronização e o estabelecimento de hábitos de pensamentos na direção da pesquisa que é considerado uma melhoria ou uma versão superior de produtos, serviços e tecnologia<sup>5</sup>. Portanto, a noção de trajetória e paradigmas mostra a importância das inovações incrementais na trajetória seguida por cada inovação radical. Esse processo, que ocorre no âmbito das inovações individuais em termos de regularidade do dinamismo e da direção da mudança técnica, também “ocorre em âmbito mesoeconômico, na relação com a evolução de todos os produtos de uma indústria e em relação ao conjunto

<sup>5</sup> Neste sentido, o paradigma é uma lógica coletiva convergente do potencial tecnológico, dos custos relativos, da aceitação de mercado, da coerência funcional e outros fatores. Os microprocessadores e produtos derivados são esperados para se tornarem mais rápidos, menores, mais potentes, mais versáteis, e relativamente mais baratos. Em contraste, automóveis, e aviões nos anos 1950 e 1960 eram supostos para se tornarem maiores, enquanto a velocidade, versatilidade não estavam entre os objetivos (PEREZ, 2010, p. 188).

de indústrias inter-relacionadas” (PEREZ, 2010, p. 187). Essas noções e observações representam padrões que caracterizam a dinâmica da mudança tecnológica sobre a evolução industrial. Portanto, a mudança tecnológica não ocorre em ritmo regular, nem de maneira aleatória. A análise do padrão de propagação das novas tecnologias através da economia tende a confirmar a visão de Schumpeter de que as inovações e sua difusão surgem agrupadas em *clusters*, tendo importantes implicações para a explicação dos ciclos longos de crescimento econômico. Como destacado por Freeman e Soete (1997), as inovações individuais não surgem aleatoriamente, mas sim de maneira inter-relacionada com outras tecnologias.

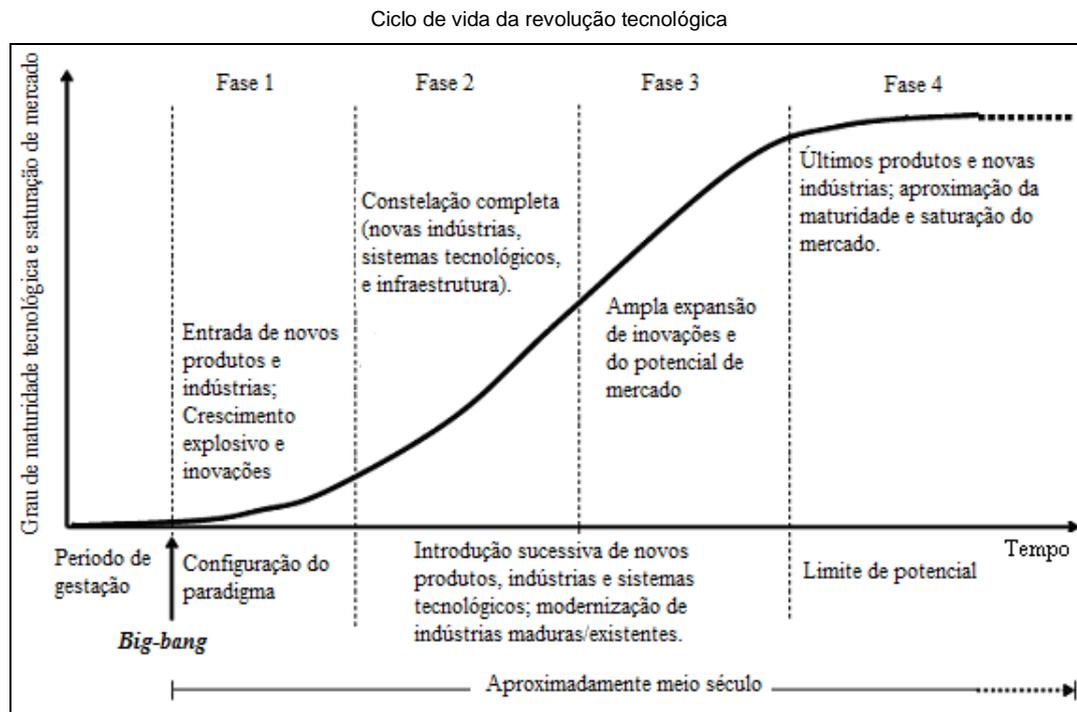
Essa inter-relação “dinâmica” entre as tecnologias constitui a formação de “sistemas tecnológicos” – ou constelações de inovações, as quais permitem descrever a formação dos *clusters* e seu padrão de evolução subsequente. Como observa Freeman (1987, p. 61), os novos sistemas ou paradigmas tecnológicos podem oferecer grandes vantagens tecnológicas e econômicas na ampla variedade de indústrias e serviços, cuja adoção se torna uma necessidade para qualquer economia exposta à pressão da competição econômica, social, política e militar. A ampla difusão mundial dos paradigmas tecnoeconômicos domina o processo de mudança tecnológica por décadas e influencia o desenvolvimento econômico e social, mesmo que não determine-os de maneira única. O impulso para desenvolver os novos paradigmas surge da persistente pressão competitiva para sustentar a lucratividade e a produtividade, bem como pela percepção dos limites de crescimento do paradigma “em declínio”.

São esses padrões de mudança estrutural na economia, através das profundas consequências sociais, que estão associados aos ciclos e ondas longas de Kondratiev e, portanto, relacionados ao desenvolvimento de uma revolução tecnológica específica<sup>6</sup>. Tal processo pode ser analisado pela evolução da tecnologia em nível mesoeconômico, onde o processo de difusão segue a forma logística e determina o padrão de crescimento do período. A Figura 1 ilustra as inovações incrementais ao longo da trajetória que, ao além das melhorias incrementais na tecnologia individual, dão origem a sucessivos novos produtos, serviços e indústrias, construída sobre o espaço criado pela inovação radical inicial e ampliada pelos seguidores, na tentativa de sua imitação.

---

<sup>6</sup> O estudo de ciclos econômicos de longa duração teve início no final do século XIX, com trabalhos de Jevons (1884), Wickcell (1898), Parvus, e posteriormente, Van Gelderen (1913), Wolff (1924), entre outros. Porém, foi o trabalho de Kondratiev (1925) que constituiu a primeira tentativa sistemática para confirmar tais movimentos com dados que incluíram não somente séries de preços, juros e salários, mas também de comércio exterior, produção industrial e consumo para França, Grã-Bretanha e Estados Unidos (FREEMAN, 1984, p. 5).

Figura 1



FONTE: PEREZ (2010).

Portanto, os novos sistemas tecnológicos modificam o espaço comercial, assim como o contexto institucional e cultural da sociedade. Nesse contexto evolutivo, novas regras, normas de regulação, treinamento especializado e instituições (algumas vezes em substituição às já estabelecidas) tornam-se necessárias. Essas mudanças tendem a ter um forte efeito interativo de retroalimentação sobre as tecnologias, moldando e guiando a direção dentro das várias possibilidades existentes (PEREZ, 2010, p. 188).

Na medida em que as possibilidades de inovação dos sistemas tecnológicos começam declinar e seus mercados correspondentes a apresentar sinais de saturação, a fase de maturidade é alcançada. Nas palavras de Perez, “[...] o ponto fundamental é que as tecnologias individuais não são introduzidas em isolado, mas sim em um contexto de mudança que influencia fortemente seu potencial, assim como as inovações do sistema anterior” (PEREZ, 2010, p. 188).

Portanto, a partir da noção Schumpeteriana de que a introdução das inovações pode dar origem a ondas e ciclos longos de crescimento, Perez (1985) destaca que, ao trazer uma variedade aparente de tecnologias, cada revolução tecnológica traz um conjunto novo de princípios capazes de formar um senso comum que define uma ampla trajetória tecnológica em direção à fronteira geral das melhores práticas produtivas e organizacionais. Esses princípios são aplicados na “[...] geração de inovações e na organização da produção, firma a firma, ramo a ramo, dentro de cada país e entre países” (PEREZ, 1985, p. 443). Na medida em que ocorre o processo de propagação e evolução, ocorre um prolongado período de crescimento econômico, baseado na relativa elevação da taxa de lucro e dos ganhos de produtividade do sistema econômico. No entanto, gradualmente, como a variedade de aplicações vai sendo coberta de forma plena e, quando, através das sucessivas melhorias incrementais, a melhor fronteira efetivamente é

alcançada, as forças subjacentes à onda de prosperidade alcançam o limite. Como isso, o limite para o crescimento é observado por mais e mais setores da economia, e o crescimento da produtividade se reduz (PEREZ, 1985, p. 443).

Antes que a desaceleração do ritmo de crescimento torne-se um fenômeno geral na economia, alguns setores e firmas mais dinâmicas começam a experimentar retornos decrescentes. Tal processo induz a um complexo processo de busca pelas firmas e de tentativa e erro estimulado pela busca de lucros. Esse processo “[...] resulta em ondas de fusão e aquisição, várias formas de especulação, esforços para estender as tecnologias com a contenção de trabalho e com deslocamento” (PEREZ, 1985, p. 443). Da mesma forma, esse processo estimula a persistente pesquisa e busca por inovações lucrativas. O intenso *feedback* entre as esferas econômicas e tecnológicas pode conduzir, eventualmente, à emergência gradual e o subsequente desenvolvimento de novos elementos tecnológicos. Nesses termos, a fase de declínio da onda longa de crescimento dá início a um processo de abandono do modelo esgotado e propagação do novo paradigma e a possível emergência e difusão de uma nova revolução tecnológica.

Dentro de um contexto histórico, Freeman e Perez (1988) e Perez (2002) destacam a ocorrência de cinco revoluções tecnológicas, inauguradas a partir de importantes descobertas e inovações tecnológicas, que deram origem a um universo novo de oportunidades para novos investimentos e inovações lucrativas, originando novas indústrias no sistema econômico. Ao distinguir uma revolução tecnológica de uma coleção aleatória de sistema tecnológico, Perez (2010, p. 189) destaca que uma revolução se baseia em duas características centrais e recorrentes no processo histórico: (i) forte interconectividade e interdependência dos sistemas, tecnologias e mercados; (ii) grande capacidade em transformar profundamente toda a economia (e eventualmente a sociedade)<sup>7</sup>.

A primeira característica é a mais visível e define o que é popularmente entendido como revolução; mas, é a segunda que justifica utilização do termo, por transformar outras indústrias e atividades através da difusão e influência do paradigma tecnoeconômico, definido como:

[...] modelo de melhores práticas para as maneiras mais efetivas de utilizar as novas tecnologias dentro e além das novas indústrias. Enquanto novos setores se expandem e se tornam o motor do crescimento por um longo período, o paradigma tecnoeconômico guia uma vasta reorganização e o aumento generalizado da produtividade entre as indústrias existentes (PEREZ, 2010, p. 189).

A revolução tecnológica representa uma “grande mudança no potencial de criação da riqueza da economia” ao abrir um novo espaço para inovações e novos conjuntos de tecnologias genéricas, infraestruturas e princípios organizacionais, que trazem ganhos de eficiência e efetividades em todas as atividades econômicas. A difusão de cada revolução tecnológica e do seu paradigma tecnoeconômico, portanto, juntamente com sua assimilação pela economia e sociedade, e dos ganhos resultantes de produtividade e expansão, constituem as sucessivas grandes ondas de desenvolvimento capitalista observados ao longo da história (PEREZ, 2010, p. 190).

---

<sup>7</sup> A forte interconexão e interdependência das tecnologias ocorrem em vários níveis, as quais se destacam os avanços do conhecimento científico e tecnológico pela utilização de princípios similares de engenharia; exigência de habilidades comuns no desenvolvimento e utilização das tecnologias – muitas vezes novas; desenvolvimento de uma rede de fornecedores de insumos e serviços, assim como, de pontos de distribuição interdependentes; dinamismo mutuamente determinado pelas várias interligações entre mercados; difusão de padrões coerentes de consumo e de utilização das novas tecnologias (PEREZ, 2010, p. 191).

## 4.1 Estrutura das revoluções tecnológicas e paradigmas tecnoeconômicos

Ao analisar a estrutura das revoluções tecnológicas e seus padrões de evolução, Perez (2010) observa o surgimento de novas seções na matriz de insumo-produto que, gradualmente, tornam-se as mais dinâmicas (e acabam por modificar o resto da economia). Em termos de estrutura, cada revolução tecnológica inclui um conjunto novo de produtos e tecnologias produtivas que são inter-relacionadas e dão origem a novas indústrias. Entre as novas indústrias, Perez (1983) mostra a importância de um insumo fundamental (*key factor*) de uso geral, custo decrescente e de ampla difusão na economia. Frequentemente, envolve o surgimento de uma fonte de energia ou material fundamental além do desenvolvimento de uma nova infraestrutura (que muitas vezes muda a fronteira e as condições das redes de transporte – de produtos, pessoas, energia e informação) (PEREZ, 2010, p. 191). O Quadro 1 ilustra as indústrias principais e infraestruturas características de cada revolução tecnológica, desde a Revolução Industrial na Inglaterra, no século XVIII.

Quadro 1

Indústrias e infraestrutura de cada revolução tecnológica

Revolução tecnológica	Tecnologias e indústrias novas ou redefinidas	Infraestrutura nova ou redefinida
Revolução Industrial	Mecanização da indústria têxtil (algodão) /Ferro /Maquinário	Canais e hidrovias/vias expressa com pedágio/energia hidráulica (rodas hidráulicas altamente melhoradas)
Era do Vapor e ferrovias	Motores e máquinas a vapor (feitos de ferro e abastecidos pela extração de carvão) /Ferro e carvão mineral (agora desempenhando papel central para o crescimento) /Construção das ferrovias/Energia a vapor para muitas indústrias (incluindo têxtil)	Ferrovias (com motor a vapor) /Serviços postais; Telégrafos (principalmente ao longo das linhas ferroviárias nacionais) / Grandes portos
Era do aço e engenharia pesada	Aço /desenvolvimento de máquina a vapor em navios de aço/Química pesada e engenharia civil/indústria de equipamentos elétricos/cobre e cabos/papel e embalagens	Transporte em todo o mundo em rápidos navios de aço a vapor/Ferrovias transcontinentais/Grande pontes e túneis/Telégrafos mundiais/telefones/rede elétrica de iluminação e uso industrial
Era do petróleo, automóveis e produção em massa	Produção de automóveis em massa/petróleo e combustíveis / Petroquímica (sintéticos) / Motor a combustão interna para automóveis e equipamentos de transporte, aviões, tanques de guerra/ eletricidade/Elerodomésticos, refrigeradores, etc.	Redes de estradas, rodovias, portos e aeroportos/redes de dutos de petróleo/electricidade universal (doméstica e industrial) /Telecomunicações analógicas em todo o mundo (telefone, telex e telegrama) com e sem fio.
Era da informática e telecomunicações	Revolução da informação/chip microeletrônico/computadores, softwares/Telecomunicações/ Instrumentos de controle/biotecnologia e novos materiais auxiliados pelo computador	Mundo digital das telecomunicações (cabo, fibra ótica, rádio e satélite) /internet/email/ Transporte físico de alta velocidade (por terra, água e ar)

FONTE: elaborado a partir de Perez (2002).

Do ponto de vista da importância dos setores propulsores da mudança e da evolução, três tipos principais de setores (ramos) que determinam a forma e o ritmo do crescimento econômico do período podem ser identificados: Ramos “usuários” (*Carrier branches*), que demandam os insumos chave de maneira mais intensa e são mais adaptados à organização ideal da produção, induzem a grande variedade de oportunidades de investimentos, a jusante e a montante (entre os mais importantes, os grandes investimentos em tipos específicos de infraestrutura) e, dessa forma, se tornam vetores do estilo tecnológico, com influência no ritmo geral do crescimento. São indústrias que representam os produtos paradigmáticos da revolução (computadores, *softwares*, telefones celulares na quinta revolução tecnológica; automóveis e aparelhos elétricos na quarta; navios de aço movidos a vapor na terceira; locomotivas a vapor na segunda; máquinas têxteis na primeira); Ramos motrizes (*motive branches*) são responsáveis

pela produção dos insumos básicos e outros insumos diretamente associado a estes e, portanto, tem o papel de manter e aprofundar sua vantagem relativa de custos. Enquanto o ramo motriz cria as condições para o desenvolvimento do estilo tecnológico, o crescimento e seus mercados dependem do ritmo de generalização do seu padrão entre as indústrias<sup>8</sup>; O setor de infraestrutura, onde parte da revolução em termos de tecnologia e seus impactos são sentidos na formação e extensão das fronteiras do mercado para todas as indústrias<sup>9</sup>.

Perez (1985) identifica também os efeitos das revoluções tecnológicas sobre os setores induzidos, as quais não são constituídos por indústrias revolucionárias, mas desenvolvem-se como consequência do crescimento e da complementaridade com ramos/setores/indústrias que utilizam as novas tecnologias (*carrier branch*). Portanto, uma vez realizadas as inovações sociais e institucionais, juntamente com o apropriado investimento em infraestrutura para essas tecnologias, é que se abre a possibilidade para a generalização/propagação do novo paradigma. Portanto, o surgimento de um conjunto de novas tecnologias merece o termo revolução, apenas se tiver capacidade de conduzir a uma ampla transformação em todas as indústrias. Além do uso das novas tecnologias, difundidas pela economia, modificam-se também as maneiras da organização das estruturas sócio-institucionais, através do surgimento do paradigma tecnoeconômico.

Portanto, além do novo conjunto tecnológico, uma revolução tecnológica também implica no estabelecimento de um novo paradigma tecnoeconômico, correspondente ao novo conjunto de práticas produtivas mais lucrativas e viáveis - em termos de escolhas de insumos, métodos e tecnologias -, juntamente com as novas estruturas organizacionais, modelos e estratégias empresariais (PEREZ, 2010, p. 194). Tais práticas se desenvolvem com a utilização das novas tecnologias, superando os obstáculos do mercado e encontrando procedimentos, rotinas e estruturas mais adequadas, dando forma a princípios e critérios implícitos para a tomada de decisão das firmas.

As novas rotinas, heurísticas e métodos são internalizadas gradualmente nas firmas tornando-se uma lógica “compartilhada” na economia ou senso comum novo e aceito na tomada de decisão de investimento das firmas, assim como no âmbito das escolhas e preferências dos consumidores. Nesse contexto, as ideias antigas tornam obsoletas, ignoradas, enquanto as novas tornam-se “normais”. A mudança de paradigma representa uma ampla mudança nos hábitos e instituições como forma de viabilizar a utilização das novas tecnologias (PEREZ, 2010, p. 194).

A construção do novo paradigma tecnoeconômico ocorre simultaneamente em três áreas principais relacionadas às práticas e à percepção dos agentes: (1) dinâmica da estrutura de **custos** relativos dos insumos de produção (elementos novos de custos baixos e decrescentes se tornam atrativos para inovações lucrativas e do investimento); (2) espaço percebido para **inovações** (onde as oportunidades das firmas são crescentemente mapeadas para o futuro desenvolvimento das novas tecnologias ou para a utilização vantajosa em setores existentes); (3) critérios e princípios **organizacionais** (onde as práticas exibem um desempenho melhor em determinados métodos e estruturas que objetivam tirar proveito do potencial das novas tecnologias para eficiência e máximos lucros) (PEREZ, 2010, p. 194).

Nas três áreas a emergência do paradigma depende do ritmo da difusão dos produtos revolucionários, das tecnologias e da infraestrutura, juntamente com seus efeitos interativos que se auto reforçam. Nesse sentido, o primeiro impacto é localizado e mínimo, mas com o tempo, torna-se difundido e abrangente. Ou seja, passa a ocorrer,

---

<sup>8</sup> Entre os exemplos, se destacam os “semicondutores na quinta revolução tecnológica, petróleo e plástico na quarta, aço na terceira, carvão na segunda e energia hidráulica na primeira (para os moinhos hidráulicos e transporte em canais)” (PEREZ, 2010, p. 191);

<sup>9</sup> Como a internet na quinta, estradas e eletricidade na quarta, a rede de transporte mundial (ferrovias transcontinentais, rotas de navios a vapor e portos) na terceira, ferrovias nacionais na segunda e canais na primeira.

não apenas um processo de evolução tecnológica, com a adoção das novas tecnologias e mudanças ao longo das trajetórias, mas também um processo de mudança institucional na economia e no território, nos comportamentos e ideias, nos hábitos de pensamento, nas rotinas das firmas, etc. (PEREZ, 2010, p. 195).

É a adaptação mútua da tecnologia e da sociedade, através do aprendizado social do paradigma e do redesenho adaptativo da estrutura institucional, que permite extrair o máximo benefício do potencial de geração de riqueza em cada “onda de desenvolvimento” (PEREZ, 2001). No entanto, quando o potencial do paradigma se esgota e a nova revolução começa a emergir, aqueles hábitos incorporados e as instituições agem como uma poderosa força inercial que precisa ser transformada para permitir a expansão da nova fase de desenvolvimento da revolução tecnológica seguinte. A compreensão da influência da mudança tecnológica de longo prazo é uma das mais importantes contribuições do pensamento evolucionário para a compreensão da macroeconomia formada pela dinâmica e pela história (NELSON, 2001). As observações revelam que os países que não fizeram as mudanças institucionais capazes de adequar aos novos paradigmas ficaram para trás no processo de desenvolvimento. Nessa perspectiva, as trajetórias de crescimento dos países e, portanto, do desenvolvimento, dependerão fundamentalmente dos seus esforços de aprendizado e de utilização com as novas tecnologias.

## 5 Revoluções tecnológicas, diversidade institucional e difusão desigual

Os sistemas tecnológicos estão presentes de maneira universal nas atividades, de modo a dominar o comportamento de toda a economia durante décadas e, de maneira recíproca, influenciar as maiores mudanças sociais e políticas. No entanto, o amplo processo de mudança estrutural e organizacional no sistema econômico dificilmente se propaga de maneira regular e gradual entre as economias. O novo paradigma tecnoeconômico não é facilmente aceito de maneira universal, apesar da sua evidente superioridade e lucratividade em muitas aplicações. Isso, porque existem fortes interesses associados ao paradigma precedente, como o regime regulatório e normas culturais, que estão associadas ao antigo paradigma. Dessa forma:

[...] o que muitas vezes tem sido descrito com declínio da onda longa pode ser um período de grande turbulência caracterizada pelo rápido crescimento e alta lucratividade de algumas firmas e indústrias, lado a lado com crescimento lento, tendências declinantes, ou estagnação em outras, assim como conflito político sobre o regime regulatório apropriado (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001, p. 148).

As crises do sistema econômico, turbulências monetárias, altos níveis de desemprego, disputas tarifárias, caracterizam fenômenos típicos associados aos períodos de transição de paradigma e de ajuste estrutural. A incompatibilidade da velha estrutura institucional com a nova constelação de tecnologias é resolvida de maneira variada nos diferentes países e indústrias. É nesse sentido que cada país apresenta sua própria dinâmica. Como resultado, tem-se observado uma ampla variedade de mudanças institucionais em resposta aos efeitos da difusão das novas tecnologias. Freeman e Louçã (2001, p. 148) destacam que:

Processos autônomos e semiautônomos de mudança social e institucional nos vários países influenciam o processo de difusão. A propagação do novo paradigma é muito desigual entre as firmas e indústrias, como também entre países. Alguns são afetados de modo profundo e imediato, outros após longo período de defasagem, e outros quase não são afetado.

Em uma perspectiva evolucionária, pode-se afirmar que as mudanças de paradigmas não significam que todas as firmas em todos os países irão adotar o mesmo modelo organizacional. Mostra apenas que a propagação das tecnologias paradigmáticas (como eletrificação ou a informatização) possuem uma ampla influência sobre a economia mundial ao afetar a evolução do comportamento das firmas, porém mediante ampla variedade local de adaptação e de experiências históricas locais prévias que influenciam a capacidade de assimilação e assim, as trajetórias de crescimento. Após o período turbulento de mudança estrutural, na medida em que o novo paradigma passa a ter aceitação geral, um período de grande estabilidade pode suceder, correspondendo ao fase de ascensão ou *boom* de crescimento da onda longa. No entanto, cada região com a sua própria dinâmica, dependente das instituições que definem as políticas e estratégias desenvolvimento (PEREZ; SOETE, 1988).

As observações históricas dos processos desenvolvimento e de emparelhamento tecnológico (*catching-up*) dos países da Europa mostram que esse processo não começou na Revolução Industrial, mas sim na segunda metade do século XIX. Foi na segunda revolução tecnológica que Estados Unidos, Alemanha, França, entre outros países fizeram o *catching-up* em muitas indústrias e se projetaram na liderança em outras. Na terceira e quarta revolução tecnológica ocorreu a propagação para os demais países. Essa histórica irregularidade de propagação entre os países torna a expressão “ondas” longas inapropriada para descrever tal fenômeno, ao dar uma noção de regularidade e uniformidade do processo de difusão. Como destacam Freeman e Louçã (2001, p. 150), a regularidade da difusão das revoluções e paradigmas não corresponde às características dos processos de turbulência econômica historicamente observados. Para os autores:

Algumas indústrias e serviços são profundamente afetadas, outras apenas em pequena extensão, mas a velocidade em que essas mudanças ocorrem é consideravelmente variável. Alguns produtos e indústrias serão afetados logo após a primeira emergência e cristalização das novas constelações, outras apenas décadas mais tarde.

A velocidade em que os novos estilos e padrões tecnológicos se tornam dominantes, após a sua primeira demonstração de superioridade e potencial amplo de difusão (internacional), depende da nova infraestrutura necessária para a sua plena utilização e assimilação. Nesse aspecto, são dois os tipos de infraestruturas necessárias para o avanço do desenvolvimento: por um lado, as infraestruturas físicas de comunicação e de transporte; por outro lado, infraestruturas institucionais, que são necessárias para o treinamento e educação nas novas habilidades e para projetar e desenvolver uma nova variedade de produtos e serviços – a infraestrutura científica e tecnológica (NELSON, 2011).

O investimento em ambos os tipos de infraestrutura exige iniciativa política e mudanças no regime regulatório, objeto de intenso debate e conflito político. Isso sugere que os períodos de declínio de crescimento das novas constelações podem ser retardados de várias maneiras pelas velhas estruturas institucionais e sociais, resistentes às mudanças da própria tecnologia. Por outro lado, mudanças políticas, sociais e culturais podem levar ao desenvolvimento de uma estrutura capaz de oferecer suporte para as novas constelações tecnológicas – um novo regime de regulação<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Conforme Boyer (1988), as instituições permitem que o processo de acumulação avance de maneira relativamente ordenada durante períodos relativamente longos. Nesse sentido, “[...] cada regime de regulação é designado para controlar e estabilizar uma fase particular de crescimento capitalista”, diferindo em relação às características do período anterior (FREEMAN, 1988, p. 11).

Portanto, a visão do desenvolvimento na perspectiva evolucionária, proposta por Perez (2010) e Freeman e Louçã (2001), mostra que as mudanças de paradigmas não ocorrem sem profundas mudanças estruturais, isto é, sem a ocorrência de crises de ajustamentos que exigem periódicas mudanças na estrutura institucional e social das economias. O sistema político de um país e sua cultura local também possuem dinâmicas próprias. Nesse sentido, a mudança tecnológica e as mudanças na estrutura da economia não podem ser consideradas sob o ponto de vista do determinismo tecnológico, mas sim como resultado próprio da mudança tecnológica parcialmente determinada pelas influências sociais, políticas e culturais dos países. Existe, portanto, um processo coevolucionário entre instituições, tecnologia e firmas que precisa ser considerado na análise da difusão dos paradigmas e do processo de desenvolvimento dos países.

## **6 A propagação tardia das revoluções tecnológicas para a periferia**

As revoluções tecnológicas representam mudanças estruturais associadas à ascensão de indústrias chave que permitem sucessivos ganhos de produtividade para todo o sistema. Tal perspectiva tem profundas implicações na compreensão do desenvolvimento econômico em escala global que, longe de apresentar comportamento convergente das trajetórias dos países ao longo do tempo revela trajetórias diferenciadas entre países e regiões mundiais. A compreensão da forma como tecnologia moderna se propaga e como se dá a repartição dos frutos do progresso tecnológico entre os países resgata preocupações teóricas da escola estruturalista com o subdesenvolvimento.

Como observado por Prebisch (1949), com a criação de um núcleo industrial na Grã-Bretanha de nível técnico relativamente elevado para a época, tem-se a origem de um processo de irradiação (desigual) da tecnologia moderna em escala mundial. Durante o primeiro século da Revolução Industrial, o núcleo de irradiação se ampliou substancialmente, mas a característica principal da economia contemporânea resultou na coexistência de um centro, que comanda o desenvolvimento tecnológico, e uma vasta e heterogênea periferia (FURTADO, 1971, p. 134). Tampouco o surgimento dos países do centro formam um núcleo homogêneo, mas sim, formam subconjuntos de importância desigual na economia mundial (CIMOLI; PORCILE, 2013). Na visão estruturalista é o tipo de relação que se estabelece entre os países de centro e países da periferia que se tem a origem do fenômeno da concentração da renda mundial, que ocorre principalmente por meio da deterioração dos termos de intercâmbio dos países periféricos (FURTADO, 1971, p. 135). Sob o ângulo dinâmico de mudança tecnológica e de evolução das estruturas industriais nos países centrais, não existe uma tendência de passagem automática de uma fase para outra. Tal perspectiva revela que a “[...] única tendência visível é que os países subdesenvolvidos continuem a sê-lo” (FURTADO, 1971, p. 135).

Portanto, na medida em que as tecnologias evoluem e os paradigmas mudam nos países avançados, os países da periferia continuam subdesenvolvidos, atrasados tecnologicamente e dependentes de importação de tecnologia moderna (PEREZ; SOETE, 1988). Na interpretação evolucionária de Perez (1983) e de Freeman e Louçã (2001), historicamente, cada paradigma se expande em círculos concêntricos de setor para setor, até abarcar toda a estrutura industrial. Em âmbito geográfico, esse processo ocorre dentro de cada país e entre as regiões mundiais. Na medida em que as condições institucionais vão se tornando favoráveis nos países, todo o tecido econômico tende a adotar o

paradigma seguindo suas trajetórias inovadoras gerais, até que sejam “formas normais” de fazer as coisas de maneira eficaz, eficiente e rentável. No entanto, na fase de esgotamento do paradigma e da revolução tecnológica, com a redução do ritmo de crescimento das indústrias, perda de dinamismo tecnológico e saturação dos mercados, induz a um processo de deslocamento das indústrias-núcleo do paradigma para os países atrasados, viabilizando assim, as oportunidades para o processo de industrialização nesses países. Contudo, a fase final do paradigma coincide com as duas primeiras fases da revolução tecnológica seguinte, perpetuando o *gap* entre os países.

Muito embora se destaque a recorrência desse processo na economia mundial, deve-se destacar que não há um determinismo tecnológico no processo de industrialização dos países periféricos. Apesar dos paradigmas se propagarem tardiamente para os países atrasados, na sua fase final ou de maturidade, é necessária a existência de um ambiente institucional adequado para permitir o desenvolvimento das tecnologias, indústrias e firmas do paradigma. Nesse sentido, Perez e Soete (1988) ressaltam as condições paradoxais que tornam o avanço do desenvolvimento tão difícil para os países. Para os autores:

[...] capital prévio é necessário para produzir novo capital, conhecimento prévio é necessário para absorver novo conhecimento, habilidades devem estar disponíveis para aquisição de novas habilidades e certo nível de desenvolvimento é requerido para criar a infraestrutura e economias de aglomeração que tornam o desenvolvimento possível. Em suma, é dentro dessa lógica dinâmica do sistema que os ricos enriquecem e o *gap* permanece e se amplia para os mais atrasados (PEREZ; SOETE, 1988, p. 459).

Portanto, o processo de *catching-up* não é automático e as bases para o seu desenvolvimento precisam ser construídas. Contudo, Perez (1983) observa que em períodos de transição de paradigma surgem oportunidades que facilitam o avanço do processo de desenvolvimento e do *catching up*. Para a autora, duas janelas de oportunidade se abrem durante a transição de paradigma: uma, na fase inicial das novas tecnologias; e outra, na fase final, quando as tecnologias e indústrias alcançam a fase de maturidade. Porém, as estratégias de desenvolvimento baseadas unicamente nas oportunidades criadas pela propagação tardias das revoluções tecnológicas para a periferia não podem conduzir a uma trajetória efetiva de desenvolvimento e *catching up*. São novas tecnologias que permitem o efetivo avanço e o ingresso em uma trajetória de *catching-up* com os líderes, dado o potencial de inovação, lucratividade e de crescimento, enquanto as tecnologias maduras, esse potencial já está esgotado<sup>11</sup>.

No entanto, diante das dificuldades e condições paradoxais do desenvolvimento econômico para os países menos desenvolvidos, as tecnologias maduras oferecem a oportunidade para dar início à criação de uma base para o avanço do processo de industrialização, gerando capacidade de aprendizado, infraestrutura e externalidades necessárias para respaldar a um esforço maior de desenvolvimento no futuro (PEREZ, 2001, p. 111). Por outro lado, as oportunidades de ingressar nas novas indústrias e tecnologias surgem no período inicial das revoluções tecnológicas quando o conhecimento tecnológico não é plenamente dominado pelas firmas e, portanto, quando as barreiras à entrada nos novos sistemas tecnológicos, diante das necessidade de experiências e/ou habilidades de administração e de capital, ainda são menores e incipientes<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Portanto, o ingresso nas fases de maturidade de uma revolução tecnológica não leva a trajetória de desenvolvimento com *catching-up*. Nesse período, as tecnologias maduras apresentam o “[...] mínimo potencial para geração de lucros, enfrentam mercados estagnados e quase não tem espaço para aumentos de produtividade” (PEREZ, 2001, p. 111). As oportunidades oferecidas na fase de maturidade como ponto de partida para o desenvolvimento é um processo custoso e não é, “nem muito rentável, nem promissor”.

<sup>12</sup> Ver Perez e Soete (1988, p. 476). Para os autores, grande parte do conhecimento exigido para ingressar em um sistema tecnológico na sua fase inicial é público e disponível nas universidades. Nessa fase, muitas competências e habilidades requeridas ainda estão para ser inventadas na prática. Conforme visto anteriormente, na medida em que o sistema evolui o novo conhecimento gerado e as habilidades, que

Contudo, avançar no desenvolvimento com as novas tecnologias requer elevados níveis de externalidades e existência de conhecimento científico e tecnológico. É a disponibilidade de infraestrutura tecnológica e institucional, com a existência de universidades e de qualificação pessoal que permitiria aos países ingressar de maneira autônoma nas novas indústrias do novo sistema tecnológico em sua fase inicial e, assim, viabilizar o êxito da trajetória de desenvolvimento e do processo de *catching-up* dos países. No entanto, é a inexistência desse ambiente em países periféricos e em desenvolvimento que dificulta a continuidade do processo endógeno de geração de conhecimento e de formação das habilidades tecnológicas, na medida em que o sistema evolui.

Como observado por Freeman (1988, p. 78), historicamente o processo *catching up* dos países não dependeu da existência de capacidade tecnológica e de produção em *todos* os principais produtos associados à revolução tecnológica, mas sim da capacidade de utilização das novas tecnologias em algumas indústrias e produzir parte da ampla variedade de novos produtos e processos apropriadas as condições locais, recursos e vantagens comparativas. Tal processo requer um esforço conjunto das firmas e das instituições. Dessa forma, o processo de desenvolvimento econômico em cada revolução tecnológica é efetivo, apenas se for acompanhado de uma variedade de mudanças institucionais designadas, *a priori*, ao fortalecimento das competências tecnológicas autônomas das firmas nacionais (FREEMAN, 1995, p. 20). As diferenças institucionais no modo de importar, aperfeiçoar, desenvolver e difundir as novas tecnologias, produtos e processos, definem historicamente as trajetórias de desenvolvimento dos países dentro do contexto histórico da evolução social.

## 7 Mudança tecnológica, diversidade institucional e crescimento

Muitos trabalhos, como Zysman (1994), Freeman (2010), entre outros, enfatizam a diversidade de ambientes institucionais dos países como resultado de um processo histórico e específico que define o contexto para o desenvolvimento da indústria e das firmas. As instituições são enraizadas na sociedade e construídas historicamente e, dessa forma, criam diferentes trajetórias de crescimento econômico dos países e regiões. Nesse sentido, Zysman (1994) propõe uma perspectiva institucionalista vinculada à base micro evolucionária de Nelson e Winter (1982) para explicar as diferentes trajetórias de crescimento dos países e suas formas particulares de desenvolvimento tecnológico. As instituições se relacionam diretamente com os argumentos evolucionários das trajetórias e formas de evolução das tecnologias, onde o processo de avanço tecnológico ocorre dentro de um ambiente institucional nacional. A tecnologia, nesse sentido, passa a ser tratada como resultado de uma economia nacional e, portanto, fruto de um processo endógeno (ZYSMAN, 1994, p. 260). Nesse sentido, a própria noção de competitividade internacional passa a decorrer do conjunto de capacidades tecnológicas nacionais (DOSI, PAVITT E SOETE, 1990).

A tecnologia, assim como o mercado, está enraizado na sociedade, nos indivíduos, através dos processos de aprendizado e da formação dos hábitos de pensar – resgatando a concepção de Veblen – que resulta na importância do ambiente local da comunidade. O processo de aprendizado tecnológico é moldado pela comunidade e pela estrutura institucional. Conseqüentemente, as trajetórias tecnológicas apenas podem ser compreendidas em

---

são cumulativas, vão se tornando cada vez mais apropriadas pelas firmas, assumindo uma natureza cada vez mais privada e indisponível para venda entre os competidores. Apenas com o tempo, quando o sistema se aproxima da fase de maturidade que o conhecimento e as habilidades se tornam novamente públicos ou disponíveis para venda no mercado.

referência a sociedades particulares (ZYSMAN, 1994, p. 261). Nesse processo, o conhecimento tecnológico e o *know-how* são transmitidos através dos seguintes mecanismos: indivíduos, organizações e comunidades. O conhecimento tácito, que constitui o *know-how*, consiste na combinação de indivíduos que estão inseridos nas organizações e comunidades. Conseqüentemente, “[...] o caráter dessas organizações e das comunidades dão forma particular ao processo de desenvolvimento tecnológico e inovação” (ZYSMAN, 1994, p. 261). Da mesma forma, o grau de avanço do processo de desenvolvimento industrial dos países e da estrutura institucional em que as firmas se inserem também é importante. A composição específica das indústrias em dado momento estabelece o conjunto de focos científicos e tecnológicos da comunidade na forma de programa das universidades, treinamento de engenheiros e cientistas e as habilidades da força de trabalho (ZYSMAN, 1994, p. 261).

Da mesma forma, o autor destaca a importância da base particular de fornecedores que delimitam as possibilidades das firmas e a direção dos avanços da tecnologia, ao afirmar que “[...] o conjunto de componentes, subsistemas, equipamentos de produção e *know-how* existentes em uma economia ou mercado – delimita as possibilidades para as firmas e a direção do desenvolvimento tecnológico” nos países (ZYSMAN, 1994, p. 261). Outra observação está associada à forma como os problemas são definidos e como ocorre o processo de busca por soluções nas comunidades. Para o autor “[...] as estratégias e táticas para abordar os problemas tecnológicos irão variar de lugar para lugar. A distribuição das apostas tecnológicas, as direções dos esforços se definem pela natureza da comunidade, assim como, pela composição da demanda pública e privada” (ZYSMAN, 1994, p. 261). Dentro desse contexto, ao longo do tempo, as apostas se acumulam e os investimentos em uma trajetória particular levam a determinadas direções que passam a ser difíceis de serem alteradas, caracterizando um processo *path dependence* das trajetórias de desenvolvimento. Por isso:

[...] as trajetórias que emergem em um país não podem ser facilmente copiadas. Mudar de uma trajetória que evolui nos EUA, por exemplo, para uma trajetória que emergiu em outro país pode ser extremamente difícil e, se possível, muito dispendiosa. Em suma, a tecnologia é uma restrição socialmente criada (ZYSMAN, 1994, p. 261; tradução nossa).

Assim, os países seguem rotas tecnológicas diferentes, e conseqüentemente, seguem distintos padrões de crescimento. Esse processo ocorre porque os países, em primeiro lugar, desenvolvem especialidades tecnológicas. Patel e Pavitt (1998) mostram que os fatores do desenvolvimento tecnológico são cumulativos e causam persistentes diferenças entre os países, como no âmbito microeconômico das firmas. As evidências empíricas dos distintos padrões de patentes e de inovação dos países avançados mostra uma forte influência das condições institucionais dos países. Os autores sugerem que, além da diversidade das trajetórias tecnológicas cumulativas, “[...] os padrões divergentes refletem diferenças internacionais nas capacidades das instituições de administração, de financiamento e treinamento em avaliar adequadamente – e explorar – os benefícios dos investimentos tecnológicos” (PATEL; PAVITT, 1998, p. 289). Nesse sentido, as diferenças entre os próprios países avançados tendem a permanecer ao longo do tempo.

Nesse contexto, Dosi, Pavitt e Soete (1990) observam que os padrões nacionais de comércio resultam dos processos de especialização tecnológica entre os países: “[...] as diferenças internacionais nas capacidades de inovação, nas fontes e usos das inovações, nas estratégias das empresas e condições institucionais contribuem para determinar os *gaps*” (DOSI; PAVITT; SOETE, 1990, p. 9; tradução nossa). Os *gaps* tecnológicos entre países e firmas são fundamentais na determinação da participação de cada país nos fluxos de comércio internacional e, através disso:

[...] na determinação do nível máximo de renda que cada país pode alcançar, compatível com as restrições de equilíbrio externo. [...] Em outras palavras, a composição internacional de comércio entre países dentro de cada setor parece ser essencialmente explicada pela diferença tecnológica, enquanto os mecanismos de vantagens comparativas parecem ser de menor importância (DOSI; PAVITT; SOETE, 1990, p. 11; tradução nossa).

Dessa forma, as competências de inovação e imitação que são específicas aos países (e específicas aos setores) podem ser isoladas como fatores mais importantes na origem dos círculos virtuosos - entre tecnologia, competitividade e crescimento - e contribui para explicar os padrões de convergência e divergência internacionais em termos de *performance* comercial, renda *per capita* e taxas de crescimento (DOSI; PAVITT; SOETE, 1990, p. 11).

A partir da noção de que a tecnologia e o aprendizado tecnológico estão enraizados nas sociedades, pode-se relacionar a concepção evolucionária das trajetórias microeconômicas/setoriais e os padrões de especialização nacional para analisar as trajetórias de crescimento dos países. Dentro da perspectiva evolucionária, as firmas são diferentes em termos de tecnologias e traços organizacionais, e interagem em condições de persistente desequilíbrio. No entanto, as firmas seguem padrões de comportamento estabelecido em rotinas que determinam suas aptidões e formas de reação frente às mudanças do contexto econômico e, portanto, em condições de desequilíbrio. Como destacado por Nelson e Winter (1982), o mercado atua como mecanismo de seleção, e assim, as firmas seguem trajetórias que ampliam e moldam o próprio processo de evolução das indústrias.

Diante do contexto institucional diverso entre os países, a inovação e o processo de desenvolvimento tecnológico assumem caráter eminentemente local: “[...] as instituições nacionais moldam os processos em que as firmas adaptam e colocam em prática *design* de produtos e processos de fabricação que são novos para elas” (ZYSMAN, 1994, p. 264; tradução nossa). Nesse sentido, os distintos sistemas nacionais direcionam a rota de desenvolvimento da tecnologia que avança através de um processo de melhorias cumulativas. Assim, a teoria evolucionária passa de uma noção microeconômica, da análise das rotinas das firmas e trajetórias tecnológicas, para uma análise no âmbito macroeconômico, com a análise dos sistemas nacionais de inovação (ZYSMAN, 1994, p. 164) e de aprendizado<sup>13</sup> (VIOTTI, 2001). Numa ampla perspectiva de sistemas nacionais de inovação, as estruturas institucionais de uma economia e a lógica do mercado canalizam o desenvolvimento tecnológico e dão forma às trajetórias nacionais.

Como destacado por Freeman (2002, p. 194), a capacidade para inovação tecnológica e social teve forte influência na vida econômica antes da organização política em Estados-Nação tornar-se a forma dominante. Para o autor, o trabalho de Adam Smith (1776), ao tratar da riqueza das nações e evidenciar a preocupação central com os diferentes progressos alcançados pelas nações, mostra a importância das mudanças institucionais na explicação das diferenças entre os padrões de vida e da produtividade da indústria manufatureira entre Inglaterra e outras unidades políticas da Europa. Conforme Freeman (2002, p. 194), a discussão de Smith revela a preocupação com a promoção e proteção do comércio e indústria em um período em que “[...] o embrionário sistema de inovação que estava surgindo no período do renascimento se desenvolveu para uma coisa nova, associada ao predomínio da indústria capitalista” (FREEMAN, 2002, p. 194; tradução nossa).

<sup>13</sup> Conforme Viotti (2001) destaca o conceito de sistema nacional de aprendizado para caracterizar o processo de mudança tecnológica dos países de industrialização tardia (e países atrasados), onde o motor da dinâmica da industrialização é o aprendizado tecnológico ao invés da inovação. O sistema nacional de mudança tecnológica em economias de industrialização tardia possui elementos cruciais que são comuns, diante das suas condições de países que utilizam as tecnologias dos países centrais. Nesse sentido, o conceito de sistemas nacionais de inovação deve ser atribuído a análise do caso dos países de industrialização avançada. Para a análise do “sistema nacional da mudança tecnológica” dos países retardatários, Viotti (2002) propõe o conceito de *Sistema Nacional de Aprendizado*.

De maneira associada ao institucionalismo de Veblen, Lundvall (1988; 1992) distingue o conceito de sistema nacional de inovações numa ampla definição. Enquanto uma definição restrita aborda as instituições que promovem de forma deliberada a aquisição e disseminação de conhecimento como a principal fonte de inovação, numa definição mais ampla, as instituições são incorporadas (*embedded*) em um amplo sistema socioeconômico, cultural e político, as quais ajudam a determinar a escala, direção e o relativo sucesso de todas as atividades de inovação de uma nação. Assim:

[...] as decisivas mudanças que vieram nos séculos 17 e 18 na Inglaterra e mais tarde nos Estados Unidos e países da Europa, foram a elevação da ciência na cultura nacional, a multiplicação das ligações entre ciência e tecnologia e a difusão sistemática incorporada nos processos industriais nas novas fábricas e oficinas (FREEMAN, 2002, p. 194; tradução nossa).

Portanto, as mudanças culturais, associadas de maneira histórica ao Renascimento, foram levadas adiante pela sociedade, e direcionadas rumo a uma “[...] racionalidade instrumental secular e suas aplicações para o investimento industrial” (FREEMAN, 2002, p. 195; tradução nossa). Nesse sentido, a análise da mudança tecnológica e das instituições que promovem essa mudança permite explicar o processo de crescimento desigual entre os países e os processos *forging ahead*, *catching-up* e *falling behind* na economia mundial (ABRAMOVITZ, 1986). O que implica na importância das influências institucionais – econômicas, políticas, culturais – as quais constituem a ampla noção de sistemas nacionais de inovação.

Dessa forma, as distintas trajetórias de desenvolvimento dos países e as trajetórias tecnológicas particulares são uma consequência de um contexto institucional específico dentro do qual cada economia opera. O curso particular histórico do desenvolvimento de cada nação cria uma “[...] economia política com uma estrutura institucional para governar os mercados de trabalho, capital, terra e bens” (ZYSMAN, 1994, p. 271). Essa estrutura institucional nacional molda a dinâmica da economia política e estabelece os limites em que as escolhas de políticas do governo e estratégias das firmas são feitas. Nas palavras do autor:

A estrutura institucional induz a tipos particulares de comportamento corporativo e do governo ao restringir e estabelecer a lógica do mercado e da política particular a cada economia política. Essas típicas estratégias e rotinas abordam os problemas e as regras de decisão compartilhadas, criando padrões previsíveis da maneira que governo e empresas fazem seus negócios em uma economia política particular. Certamente existirão variedades dentro de um regime particular; mas suas características nacionais comuns dão o caráter e oferecem limites para essa diversidade (ZYSMAN, 1994, p. 271, tradução nossa).

Portanto, diante da natureza do ambiente evolucionário no sistema econômico, o cientista social enfrenta um problema ainda mais complexo que o observado na biologia. Como destacado por Freeman (2002, p. 209), o ambiente de seleção que confronta os inovadores não é simplesmente um ambiente natural, mas envolve muitos diferentes subsistemas das ciências humanas – científico, tecnológico, político e cultural. Cada um com suas próprias características, onde a difusão bem sucedida depende do estabelecimento de algum grau de congruência entre eles. O ambiente natural engloba “todas as criaturas vivas”, enquanto a acumulação de conhecimento científico, tecnológico e os artefatos são únicos ao processo humano, que através de melhorias intencionais nas ferramentas e artefatos “[...] dão forma particular ao próprio ambiente de seleção” (FREEMAN, 2002, p. 209). Nesse sentido, como observado anteriormente:

[...] os economistas utilizam frequentemente a analogia biológica para analisar o comportamento competitivo das firmas em uma economia capitalista e a sobrevivência das firmas supostamente mais aptas [...] resgatando analogias Darwinianas

originalmente derivadas da economia. Mas novamente, o ambiente de seleção que confronta firmas na luta competitiva pela existência é muito diferente do ambiente natural confrontando plantas e animais e seu ambiente em rápida mudança. [...] o sistema político e cultural é único aos seres humanos e influencia poderosamente a evolução da economia, assim como também influencia reciprocamente a evolução da ciência e da tecnologia (FREEMAN, 2002, p. 209, tradução nossa).

Freeman (2002) ressalta que as características únicas da história da humanidade devem ser consideradas. Embora possam ser observados padrões ao longo do tempo entre as sociedades, uma das características mais marcantes entre as sociedades é a diferença na taxa de acumulação de conhecimento nas sociedades humanas e dos diferentes modos de sua assimilação entre os indivíduos e grupos, resultando assim em trajetórias e processos únicos e específicos. Deve-se considerar o processo histórico do crescimento econômico para analisar seus padrões regulares ao longo do tempo e suas formas de mudança, que resultam da evolução econômica. Assim, a teoria evolucionária, fundamentada no comportamento das firmas e nas instituições permite compreender a diversidade das trajetórias de crescimento e de desenvolvimento dos países e regiões mundiais ao longo do tempo.

## 8 Observações finais

O presente texto procurou discutir como as mudanças tecnológicas, a partir da emergência e difusão das inovações e revoluções tecnológicas, dão forma às distintas trajetórias de desenvolvimento dos países ao longo do tempo. Procurou-se mostrar que, em convergência com a perspectiva estruturalista, a difusão lenta e desigual do progresso técnico em escala internacional gera estruturas econômicas muito distintas nas diferentes regiões do mundo, e assim, conforma o que se denomina de sistema centro-periferia. O progresso técnico é gerado inicialmente nos países desenvolvidos, de centro, onde o processo de inovação e difusão de tecnologia avança com o surgimento de novos setores econômicos e construção de novas capacidades. Surge, assim, uma estrutura produtiva diversificada, cada vez mais intensiva em conhecimento, em que os novos empregos e os aumentos de produtividade ocorrem de maneira relativamente uniforme para o conjunto do sistema. Por esse motivo, a estrutura de centro não apenas era diversificada, como também homogênea, por ser capaz de absorver a maior parte do emprego em setores de alta produtividade. Por outro lado, nas economias da periferia e em desenvolvimento, o progresso técnico ocorre de forma limitada a poucas atividades e cria espaços para poucos setores, dando lugar a uma estrutura pouco diversificada e “heterogênea”. Dessa forma, a partir dos avanços da teoria neoschumpeteriana, com a importância da aprendizagem e da inovação, pode-se fundamentar a macrodinâmica do desenvolvimento, de modo a permitir a compreensão dos determinantes da convergência em âmbito internacional e regional.

Com isso, são destacados os seguintes aspectos da literatura que ajudam a entender as dificuldades do processo de convergência tecnológica e produtiva dos países em desenvolvimento com os avançados: (1) o aprendizado é localizado e as empresas aprendem em torno das competências e capacidades tecnológicas existentes; (2) o aprendizado tende a ter um forte componente tácito, de modo que, em muitos casos, a tecnologia não pode ser copiada ou transferida de forma codificada; (3) a inovação e a difusão de tecnologia devem ser entendidas como processos estreitamente ligados, dado que não há difusão sem que as empresas imitadoras não se esforcem para a adaptar e melhorar a tecnologia de ponta em função das condições específicas de seus mercados e

capacidades, o que também é válido para as grandes inovações e os novos paradigmas, como também para a difusão das tecnologias maduras.

Conforme se procurou enfatizar, os casos exitosos de crescimento com convergência são caracterizados por esforços continuados em que a tecnologia estrangeira/externa é utilizada como plataforma para o aprendizado local e não como substituto (PEREZ, 2001). Dessa forma, o processo de desenvolvimento econômico em cada revolução tecnológica é efetivo apenas se for acompanhado de uma variedade de mudanças institucionais designadas, *a priori*, ao fortalecimento das competências tecnológicas autônomas das firmas nacionais (FREEMAN, 1995, p. 20). As diferenças institucionais no modo de importar, aperfeiçoar, desenvolver e difundir as novas tecnologias, produtos e processos, definem historicamente as trajetórias de desenvolvimento dos países dentro do contexto histórico da evolução social.

Em uma perspectiva comparativa e histórica, desde a revolução industrial até a atual revolução da tecnologia da informação, aqueles países que conseguiram avançar nas trajetórias de crescimento com *catching-up* em cada período histórico foram aqueles que fizeram o ajuste institucional em conformidade com as necessidades das novas tecnologias. Enquanto os países que não avançam na formação das habilidades e no aprendizado tecnológico em conformidade com as novas tecnologias, historicamente, são países que exibem *performances* de baixo crescimento, seguindo trajetórias de *falling behind* na economia mundial.

## Referências

- ARTHUR, Brian. Competing technologies: an overview. In: DOSI, G. et al. (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publisher, 1988b. p. 590-607.
- CIMOLI, M.; PORCILE, G. Tecnologia, heterogeneidad y crecimiento: una caja de herramientas estructuralistas. Serie Desarrollo Productivo, n. 194. Cepal: Naciones Unidas, 2013.
- DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, n. 11, p. 147-162, 1982.
- DOSI, Giovanni. *et al.* (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.
- DOSI, Giovanni. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria de semicondutores. Campinas: Unicamp, 2006.
- DOSI, Giovanni.; NELSON, Richard. R. **Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes**. Working paper, n. 07, Pisa: LEM, 2009.
- FREEMAN, Christopher. Inovação e ciclos longos de desenvolvimento econômico. Porto Alegre: **Ensaio FEE**, v. 5. 1984, p. 5-20.
- FREEMAN, Christopher; **Technology Policy and economic performance**: lessons from Japan. London: Pinter Publishers, 1987.
- FREEMAN, Christopher. Technology gaps, international trade and the problems of smaller and less-developed economies. In: FREEMAN, C.; LUNDVALL, B. **Small countries facing the technological revolution** (Eds.). Londres: Pinter, 1988, p. 67-84.
- FREEMAN, Christopher. The National System of Innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, vol. 19, p. 5-24, 1995.

- FREEMAN, Christopher. Schumpeter's business cycles and techno-economic paradigms. In: DRECHSLER, W.; KATTEL, R., REINERT, E. (Org.). **Techno-economic paradigms: essays in honour of Carlota Perez**. London: Anthem, 2011. p. 269-286.
- FREEMAN, Christopher. **Systems of innovations**: selected essays in Evolutionary Economics. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.
- FREEMAN, Christopher; LOUÇÃ; Francisco. **As time goes by**: from the Industrial Revolution to the Information Revolution. New York: Oxford University Press, 2001.
- FREEMAN, Christopher; PEREZ, Carlota. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G. *et al.* (Ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publisher, 1988. p. 38-66.
- FREEMAN, Christopher.; SOETE, Luc. **The economics of industrial innovation**. Cambridge: MIT, 1997.
- FURTADO, Celso. **Teoria e política do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nacional, 1971.
- KONDRATIEV, Nicolai. D. The long waves in economic life. **Review of Economic Statistics**, 17, p. 105-115, 1925.
- MARX, Karl. **O capital**: crítica da economia política. São Paulo: Editora Difel, 1982.
- MARX, Karl. **Grundrisse**: manuscritos econômicos de 1857-1858: esboços da crítica da economia política. São Paulo: Boitempo, 2011.
- NELSON, Richard. R. Technology, institutions, and economic development. In: DRECHSLER, W.; KATTEL, R., REINERT, E. (Org.). **Techno-economic paradigms: essays in honour of Carlota Perez**. London: Anthem, 2011. p. 269-286.
- PEREZ, Carlota. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. **Futures**, out., p. 357-375, 1983.
- PEREZ, Carlota. Microelectronics, long waves, and world structural change: new perspective for developing countries. **World development**, v. 13, n. 3, p. 441-463, 1985.
- PEREZ, Carlota. New Technologies and development. In: FREEMAN, C.; LUNDVALL, B. **Small countries facing the technological revolution** (Eds.). Londres: Pinter, 1988, p. 85-97.
- PEREZ, Carlota. Technological change and opportunities for development as a moving target. **Cepal Review**, n. 75, p. 109-130, 2001.
- PEREZ, Carlota. **Technological revolution and financial capital**: the dynamics of bubbles and golden ages. USA: Edward Elgar, 2002.
- PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge journal of economics**, v. 34, p. 185-202, 2010.
- PEREZ, Carlota. SOETE, Luc. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.
- PREBISCH, Raul. O desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus problemas principais. 1949. In: BIELSCHOWSKY, R. **Cinquenta anos de pensamento na CEPAL**. Rio de Janeiro: Record, 2000. p. 851-886.
- ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa preta**: tecnologia e economia. São Paulo: Unicamp, 2006.
- SCHUMPETER, Joseph. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.
- SCHUMPETER, Joseph. A. **História da análise econômica**. Rio de Janeiro: Fundo de cultura, 1964.
- SCHUMPETER, Joseph. A. **Business cycles**: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. New York: Porcupine, 1989.