

REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS, SISTEMAS COMPLEXOS E TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA FIRMA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Lídia Magyar¹

RESUMO: A partir de pesquisa bibliográfica este artigo tem como objetivo propor um diálogo entre abordagens críticas à teoria neoclássica, a saber: neo-schumpeteriana, de microeconomia evolucionária e de sistemas complexos. A análise se concentra no aspecto dinâmico da economia de longo prazo. É sugerido uma releitura teórica da firma considerando elementos evolucionários e complexos.

Palavras-Chaves: Revoluções tecnológicas. Microeconomia evolucionária. Complexidade.

ABSTRACT: Based on bibliographical research, this article aims to propose a dialogue between critical approaches to neoclassical theory, namely: neo-Schumpeterian, evolutionary microeconomics, and complex systems. The analysis focuses on the dynamic aspect of long-term economics. A theoretical reinterpretation of the firm is suggested, considering evolutionary and complexity elements.

Key-words: Technological revolutions. Evolutionary microeconomics. Complexity.

¹ Doutoranda em Economia no CEDEPLAR/UFMG. E-mail: lidia.magyar@gmail.com

INTRODUÇÃO

Aproximadamente a partir da década de 1870, se dá início o desenvolvimento da teoria econômica que ficaria conhecida como neoclássica. Ela também é conhecida como escola de pensamento econômico ortodoxo e representa a formalização e interpretação moderna da economia cuja linha intelectual descende de Smith e Ricardo (os clássicos) através de Mill, Marshall e Walras (Saviotti e Metcalfe, 1991; Izepão et al. 2020).

Os pilares do pensamento neoclássico são: i) a substituição da teoria do valor do trabalho pela teoria do valor utilidade e; ii) os agentes como a principal unidade de análise, sendo considerados essencialmente indivíduos racionais e otimizadores de sua própria utilidade. Este comportamento é retratado em sua teoria do consumidor e da escolha racional. No modelo dedutivo da escola neoclássica, a adoção destas teorias implica que as escolhas individuais conduzem o sistema ao equilíbrio ótimo. Até mesmo choques exógenos ao sistema seriam perturbações temporárias, já que o mercado tende ao equilíbrio e se autoajusta. Em suma, o comportamento dos agentes é padrão, previsível e conduz o sistema ao equilíbrio ótimo² (Izepão et al. 2020).

Muitos economistas apontaram falhas na elaboração teórica neoclássica, utilizando os mais variados argumentos. O presente artigo propõe uma elaboração que é essencialmente a releitura articulada e sistemática de três vertentes críticas importantes: i) a dos economistas neoschumpeterianos; ii) a teoria de sistemas complexos e; iii) a dos chamados economistas evolucionários. Vale ressaltar que, até aqui, o ponto em comum destas vertentes é a crítica à teoria neoclássica convencional, vista como insuficiente para tratar de alguns temas econômicos.

O objetivo deste artigo é propor um diálogo entre estas três abordagens críticas. Partimos do pressuposto que, como a teoria neoclássica não é capaz de explicar os processos de transformação e mudança tecnológica na economia no longo prazo, é preciso buscar outras fontes teóricas. Para isso, este trabalho conta com três seções, além desta introdução e da conclusão. Cada seção versa sobre os fundamentos teóricos destas vertentes, de maneira a encadear as contribuições formando uma visão econômica crítica para análise da dinâmica econômica de longo prazo nestes termos. Espera-se que

² Como apontam Nelson e Winter (1982), associar a ortodoxia com a análise de equilíbrios estáveis é uma mera caricatura. É claro que estudos avançados em microeconomia não utilizam os pressupostos simplistas contidos nos manuais utilizados por estudantes de graduação. Estes manuais servem apenas para fornecer os fundamentos teóricos da disciplina em um nível altamente simplificado. Ou seja, em muitos aspectos, a ortodoxia é mais flexível do que a imagem que é representada em manuais de graduação. No entanto, mesmo os trabalhos situados na fronteira do conhecimento partem de pressupostos análogos àqueles simplistas dos manuais. Portanto, não é um exagero observar que a contínua dependência da análise no equilíbrio, mesmo em suas formas mais flexíveis, deixa a disciplina cega para fenômenos associados a mudanças históricas. Assim, entende-se que não é apropriado estigmatizar a teoria neoclássica como preocupada somente com situações hipotéticas de informação perfeita e de equilíbrio estático, mas como ainda existem restrições análogas até mesmo em trabalhos avançados atuais, a crítica à esta abordagem se faz válida.

seja possível contribuir fazendo uma articulação entre os conceitos teóricos utilizados por autores evolucionários e neo-schumpeterianos na linguagem de sistemas complexos.

1. INOVAÇÕES E REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

O ponto de partida para o estudo dinâmico de mudanças tecnológicas deve ser o conceito de inovação. A elaboração de Schumpeter é fundamental para compreensão dele. Junto com instituições e organizações sociais, ele via a tecnologia como exógena, isto é, fora do domínio da teoria econômica. O seu foco mesmo era explicar a atuação do empresário e o papel da inovação no crescimento econômico (Perez, 2010, p. 185). Como coloca Albuquerque (2019, p. 54), “[...] a inovação, em qualquer de seus cinco tipos básicos, está no centro da dinâmica do sistema, pois o lucro é resultado de uma inovação bem-sucedida implementada na economia”. O empresário, por sua vez, é responsável por implementar a inovação na economia (Schumpeter, 1911). É importante ressaltar que existe uma grande diferença entre inovação e invenção. A invenção pertence ao campo da ciência e tecnologia. Por outro lado, a inovação não necessariamente é uma invenção. Ela é, sim, a introdução de um novo produto ou de uma “nova combinação” na economia (Schumpeter, 1911; Perez, 2010).

Uma vez compreendido o conceito de inovação e do papel do empresário,

“o ponto essencial é compreender que, lidar com o capitalismo é lidar com um processo evolucionário. [...] O capitalismo é, por natureza, uma forma ou método de transformação econômica e [...] não pode ser estacionário. [...] O impulso fundamental que põe e mantém em movimento a máquina capitalista é dado pelos novos bens de consumo, os novos métodos de produção ou transporte, os novos mercados e as novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista” (Schumpeter, 1984, Capítulo 7).

Com a criação incessante do novo, há destruição incessante do antigo. Assim, o processo de destruição criativa é característica e fato essencial ao capitalismo. E o que alimenta o processo de destruição criativa é a inovação.

Sistematizar as contribuições de Schumpeter para o estudo da ciência e tecnologia está além do objetivo desta seção. É conveniente, contudo, compilar alguns autores que influenciaram e foram influenciados por sua obra. Nikolai Kondratiev é um precursor e, ao mesmo tempo, contemporâneo de Schumpeter. O trabalho do economista russo desempenhou um papel importante na elaboração schumpeteriana. Com o seu artigo *“The Long Waves in Economic Life”* (1926) ele ficou conhecido pela apresentação da hipótese de ondas longas no desenvolvimento capitalista. Uma onda é um movimento de expansão seguido de depressão, ocorridas uma seguida da outra. Este autor aplicou um novo método estatístico com o objetivo de provar a existência destes padrões de comportamento.

Com base em diversas séries temporais - preços, produção, salários, entre outros - foi possível notar a existência de três ondas longas. O autor levantou a duração aproximada, as datas de ascensão e queda e as mudanças tecnológicas associadas a cada uma (Kondratiev, 1926).

Kondratiev (1926, p. 537-8) pondera sobre as possíveis causas destas ondas:

“It has been pointed out (by other critics) that the long waves – as distinct from the intermediate ones which come from causes within the capitalistic system – are conditioned by casual, extra-economic circumstances and events, such as (1) changes in technique; (2) wars and revolutions; (3) the assimilation of new countries into the world economy, and (4) fluctuations in gold production”.

No entanto, no mesmo texto o autor aponta críticas à estas explicações e não as garante como verdadeiras.

Schumpeter endossa e incorpora a elaboração do Kondratiev em sua explicação sobre o papel da tecnologia nas ondas longas. Em “Teoria do Desenvolvimento Econômico” (1911) já estava claro que a introdução de inovações determina a dinâmica cíclica da economia. Em “*Business Cycles*” (1939), é investigado as particularidades das inovações e suas tipologias. Schumpeter percebe que nem todas as inovações são iguais: algumas são mais importantes do que outras; algumas demoram mais para ser absorvidas do que outras. Se os ciclos são dados pela introdução de inovações, então cada ciclo é diferente do outro, já que a economia irá gestar e absorver a nova tecnologia em intervalos de tempo peculiares. O economista austríaco avançou no debate trazendo o seu foco para a descrição qualitativa das três ondas longas kondratievianas.

Dessa forma, Schumpeter e Kondratiev foram capazes de “*observar fenômenos estatísticos, históricos e econômicos que exigiram novas [...] metodologias para captar a pulsação da vida econômica no capitalismo*” (Albuquerque, 2019, p. 62) logo nas décadas iniciais do século XX. Do final da Segunda Guerra Mundial até os anos 1970, os países centrais viveram uma fase de expansão econômica. Com a crise decorrente da desaceleração do ritmo de crescimento econômico e do aumento de desemprego, a discussão sobre ondas longas no capitalismo é estimulada novamente. Chris Freeman, Richard Nelson, Nathan Rosenberg, Keith Pavitt, Giovanni Dosi e Carlota Perez são alguns dos autores que representam a ressurgência do interesse nas publicações de Schumpeter e são conhecidos como neo-schumpeterianos. Nos próximos parágrafos, será feita uma breve taxonomia de conceitos concebidos por eles.

A instigação pelos movimentos das ondas longas fomentou os estudos sobre processos de mudança tecnológica. Para isso, foi preciso estudar a inovação dentro de um sentido dinâmico (Perez, 2010, p. 186). Dosi (1982) fez uma importante contribuição buscando compreender por que algumas

inovações tecnológicas prosperam - e outras não - e quais são as regularidades no processo de geração e progresso delas. Neste texto, o autor introduz os conceitos de *paradigma tecnológico* e de *trajetória tecnológica*. Podemos entender um paradigma tecnológico como um padrão de solução para determinados problemas tecnológicos, baseado em determinados princípios das ciências naturais e em determinados materiais tecnológicos. Já a trajetória individual de uma tecnologia pode ser entendida como o “progresso” de um paradigma ao longo do tempo (Dosi, 1982, p. 152).

Assim, fica claro que nem todas as inovações possuem o mesmo efeito. A diferença entre inovações *incrementais* e inovações *radicais* são ideias introduzidas por Rosenberg (1976), Patel e Pavitt (1994). As inovações incrementais ocorrem na trajetória de progresso de uma inovação radical de maneira relativamente contínua. Elas geralmente não geram efeitos dramáticos no sistema e podem até passar despercebidas. As inovações radicais, por sua vez, são eventos descontínuos e trazem consigo mudanças estruturais. Em termos de impacto no agregado da economia, elas podem ser relativamente pequenas e localizadas, como foi o caso do nylon e da pílula anticoncepcional. Mas caso essa inovação radical esteja atrelada ao surgimento de novas indústrias e serviços, ela pode trazer grande impacto no agregado. As inovações radicais possuem um papel importante na determinação de novos investimentos e do crescimento econômico, mas a expansão depende das inovações incrementais (Freeman e Perez, 1988).

Para assimilação desses conceitos, Perez (2010) explica que quando uma inovação radical é introduzida no mercado, geralmente ela ainda está na sua forma primitiva e ainda existe bastante espaço para melhoramentos. As mudanças tecnológicas desta inovação ocorrem lentamente até que o design dominante é atingido e o mercado começa a utilizá-la mais amplamente. Até ela atingir a maturidade, novos aprimoramentos são feitos de maneira acelerada. Uma vez que o potencial máximo de aproveitamento da inovação é atingido, os retornos passam a diminuir em relação aos investimentos e sua trajetória fica restrita³.

O texto de Perez (2010) é fundamental para a nossa elaboração e será retomado posteriormente. Antes, é preciso expor os seus precedentes teóricos. Para isso, retomaremos o texto de Freeman e Perez (1988). Este é um texto teórico que incorpora “a dinâmica das inovações tecnológicas no centro dos movimentos de longo prazo da econômica capitalista” (Albuquerque, 2019, p. 64). Além disso, ele já absorve as elaborações sobre paradigmas tecnológicos, trajetória tecnológica e inovações incrementais e radicais mencionadas anteriormente. No entanto, os autores utilizam a expressão paradigma econômico-tecnológico (“techno-economic paradigm”) ao invés do paradigma tecnológico empregado por Dosi em 1982. Esta escolha ocorre para explicitar que as

³ Este movimento foi sintetizado através de um gráfico por Perez (2010, p. 187).

mudanças envolvidas quando um novo paradigma surge vão além das tecnológicas e afetam também a estrutura de custos de todos os insumos da produção e distribuição do sistema. Dessa forma, trata-se de um conceito mais amplo, pois refere-se a uma combinação de produtos e processos interrelacionados com inovações técnicas, organizacionais e administrativas, representando assim um salto de produtividade significativo para toda ou quase toda a economia. Isto é, emergem vantagens técnicas e econômicas e, portanto, novas oportunidades de investimento. Cada paradigma tecno-econômico possui um insumo ou um conjunto de insumos que é considerado o seu “fator-chave”. Os fatores-chaves são caracterizados por possuírem:

- i) Baixos custos;
- ii) Oferta abundante por longos períodos de tempo;
- iii) Alto potencial de uso ou incorporação em diversos produtos e processos na economia.

Feitas estas ponderações, define-se uma revolução tecnológica como uma mudança no paradigma tecno-econômico. Isto é, trata-se de uma mudança no sistema tecnológico tão profunda que seus efeitos reverberam no comportamento de toda a economia. Dito isso, os autores organizam um painel histórico das quatro revoluções tecnológicas ocorridas até 1988, utilizando uma periodização inspirada em Kondratiev (Freeman e Perez, 1988, p. 50-57). O painel possui dezessete colunas e cinco linhas, sendo cada linha representativa de uma revolução tecnológica. As colunas dizem respeito às características de cada revolução, como sua periodização aproximada, os fatores chaves, suas limitações, formas de organização das firmas e de competição, países líderes tecnológicos e países com indústrias novas crescendo, regimes nacionais e internacionais de regulação, entre outros. A quinta revolução tecnológica é tratada como meramente especulativa neste momento. Dessa forma, ao fazer esta síntese, o texto também pode ser considerado de história econômica (Freeman e Perez, 1988; Albuquerque, 2019).

Posteriormente, Freeman e Louçã (2001) avançam no debate apresentando uma versão mais rica e com uma descrição extensa do painel histórico de 1988 (“Part II: Successive Industrial Revolutions”). A parte I (“History and Economics”) do livro faz uma síntese das diversas contribuições sobre a evolução histórica das economias. Em parte, é um texto de história do pensamento econômico; por outro lado, é um texto teórico, já que é auto declaradamente um apelo por um novo consenso sugerido pelos próprios autores. É feito um balanço das contribuições da cliometria, dos estudos econométricos, dos escritos de Schumpeter e Kondratiev, buscando sempre trazer os alcances e limitações de cada abordagem, situando-as dentro do contexto histórico que surgiram. Freeman e Louçã também fazem um levantamento das abordagens críticas à concepção de “ondas” e “ciclos” na economia, que trazem métodos alternativos para a análise e compreensão das flutuações de longo prazo nas séries econômicas. Em suma, estas críticas argumentam que o emprego

da metáfora de “ondas” para nomear o fenômeno estudado é deficiente, já que pensar em ciclos econômicos como ondas sucessivas torna a compreensão do tema limitado, pois não se aprofunda na noção de que estas ondas podem se sobrepor e coexistir entre si. Em séries econômicas temporais reais a não-estacionariedade e a dependência do tempo importam – as variáveis possuem “memória”. Mesmo assim os autores defendem que a teoria de ondas longas é útil para o estudo de uma visão geral dos processos históricos da economia. Não só isso, como alegam que ignorar a compreensão dos resultados que as ondas longas trazem é ceder à pressão imposta pelo padrão neoclássico.

Por isso, os autores defendem o estudo da história econômica com uma abordagem que inclui as inovações tecnológicas, mudanças estruturais e a coevolução de movimentos socioeconômicos no aparato institucional e regulatório (Freeman e Louçã, 2001, p. 123). É a abordagem chamada “*reasoned history*”, empregada na parte II do livro. Enquanto a análise quantitativa pode ser complementar, a qualitativa é parte fundamental para compreensão das mudanças ao longo do tempo. A ênfase é no exame do crescimento econômico através de cinco subdisciplinas da história: história da ciência e da tecnologia, história econômica, histórica política e história cultural.

Assim como Schumpeter, Freeman e Louçã (2001) são simpáticos às noções de ondas longas de Kondratiev – isto é, focam a análise dos altos e baixos do crescimento econômico. Perez (2010), por sua vez, rompe com o autor russo e propõe focar no processo de difusão de cada revolução tecnológica e seus impactos transformativos em todos os aspectos da economia e sociedade – inclusive o ritmo de crescimento. Esta reorientação levou a uma periodização diferente das revoluções tecnológicas. A data que interessa para esta abordagem é o ano em que ocorreu o *big-bang* da revolução tecnológica. O *big-bang* é um evento tecnológico que abre um universo de oportunidades de inovações rentáveis. Desta forma, Perez avança no debate fazendo uma tabela elencando quatro características das cinco revoluções tecnológicas: o seu nome popular, o *big-bang* que inicia a revolução, o ano que o *big-bang* ocorreu e os principais países envolvidos (ver tabela 1).

Sob o ponto de vista do trabalho de Perez (2010), é possível identificar uma série de regularidades nos padrões de difusão tecnológica. Não só isso, como se torna mais plausível analisar a interconexão entre as tecnologias de cada revolução. Ou seja, se torna possível analisar como as tecnologias que surgiram em seguida modificaram as anteriores. Esta abordagem é possível pois, diferente de Kondratiev e Schumpeter, o foco dela não é analisar os movimentos de altos e baixos no crescimento econômico, e sim o processo de difusão das tecnologias no tempo e no espaço.

Assim como Perez, Nathan Rosenberg adotou uma postura cética sobre a teoria das ondas longas, cobrando elaborações mais aprofundadas a respeito das causalidades, temporalidade, repercussões econômicas das inovações e recorrência das ondas. Sob a influência destas reflexões,

emerge o conceito de “general purpose technologies” (GPTs). Helpman (1998) afirma que uma inovação radical é concebida como uma GPT se ela tem potencial de uso difundido em diversos setores, de forma a alterar drasticamente os seus modos de operação. O autor ainda complementa que uma GPT se caracteriza por possuir: i) muito escopo para melhorias iniciais; ii) usos variados diversos; iii) aplicabilidade em muitas partes da economia e; iv) forte complementariedade com outras tecnologias. A autoria da expressão de GPTs é atribuída à Bresnahan e Trajtenberg (1995) (Albuquerque, 2021, p. 65-66).

Tabela 1 – Os cinco “Big-Bangs”

Revolução tecnológica	Nome popular	“Big-Bang” inicial	Ano	País líder
1 ^a	Revolução industrial	Moinho de Arkwright é aberto em Cromford	1771	Grã-Bretanha
2 ^a	Era do vapor e das ferrovias	Teste do Rocket, locomotiva a vapor na ferrovia Liverpool-Manchester	1829	Grã-Bretanha (espalhando para a Europa e EUA)
3 ^a	Era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada	Carnegie Bessemer, fábrica de aço é inaugurada em Pittsburg, PA	1875	EUA e Alemanha avançam para a fronteira tecnológica, ultrapassando a GB
4 ^a	Era do petróleo, do automóvel e da produção em massa	Primeiro modelo-T sai do papel na Ford	1908	EUA (disputando com a Alemanha a liderança), posterior difusão para a Europa
5 ^a	Era da informação e da telecomunicação	Microprocessador da Intel é anunciado em Santa Clara, CA	1971	EUA (posterior difusão para a Europa e Ásia)

Fonte: Perez (2010, p. 190).

Dosi e Nelson (2010, p. 66) apontam que as GPTs são diferentes do conceito de paradigma econômico-tecnológico (“techno-economic paradigm” ou TEP) de Perez (2010) e Freeman e Perez (1988), posto que o segundo representa uma definição mais “macro”. Um TEP pode ser entendido, portanto, como uma constelação de diversos GPTs. Perez (2010, p. 194) estabelece que um TEP é um

conjunto de práticas bem-sucedidas e lucrativas em termos de escolha de insumos, de métodos, tecnologias, estruturas organizacionais, modelos de negócio e estratégias.

A elaboração das GPTs, por sua vez, possibilita captar a múltiplas fontes para inovações radicais, que tem como subproduto um conjunto maior de possibilidades de feedbacks positivos entre diversas instituições em diversos países. Empiricamente, é um elemento novo não captado anteriormente, expresso através de um número maior de invenções com impactos revolucionários em setores econômicos específicos. Dessa forma, as GPTs, podem se justapor temporalmente e se manter espacialmente distantes (Albuquerque, 2021, p.68).

A introdução da definição das GPTs na literatura pode ser vista como um refinamento teórico, pois possibilita examinar o papel da complementariedade entre as tecnologias e a importância da complementariedade entre indústrias. Dessa forma, o escopo das mudanças tecnológicas radicais é ampliado, ao mesmo tempo que mantém a noção de que as tecnologias se complementam e surgem de forma combinada e interdependente. Esta elaboração descreve um cenário mais caótico e turbulento da economia no longo prazo na medida em que enfatiza as múltiplas de fontes para inovações radicais, expressas em um número maior de invenções de grande impacto em setores específicos⁴ (Albuquerque, 2021, p. 67).

Até agora, vimos em Perez (2010) que o *big-bang* é marcado pela introdução de uma inovação radical no mercado, sendo entendido como inaugurador de uma série de eventos. Assim como as GPTs, estas categorias de análise possibilitam investigar a difusão das tecnologias de maneira mais completa, já que estes conceitos concebem a possibilidade de justaposição temporal. Isto é, uma mesma tecnologia pode apresentar múltiplos efeitos ao mesmo tempo, dependendo das características da região ou da firma em que ela é introduzida.

2. SISTEMAS COMPLEXOS: UMA NOVA FORMA DE ENTENDER A ECONOMIA

A segunda literatura que fundamenta esta síntese é conhecida como teoria dos sistemas complexos. Ela possui raízes nos desenvolvimentos contemporâneos na física e na química, em particular termodinâmica de não-equilíbrio (Cerqueira, 2002, p. 68). O que é preciso saber para compreender do que ela se trata é o seguinte: um sistema pode ser categorizado de várias maneiras. Uma delas diz respeito à troca com o ambiente. Um sistema é considerado aberto se ele efetua troca de matéria, energia ou informação com o ambiente que está inserido, enquanto o fechado não troca.

⁴ O aspecto turbulento da economia fica evidente ao analisar a literatura sobre o potencial da *www* na geração de novas tecnologias. Devido aos resultados e dos eventos desencadeados pela invenção desta tecnologia em 1991 – com presença de efeitos para frente para trás nas cadeias industriais econômicas – Albuquerque (2019, p. 70) e Pinheiro (2022) defendem que a *www* é uma inovação radical e GPT, o que representaria o sexto *big-bang*.

Por isso, os fechados tendem a um equilíbrio correspondente a um grau máximo de aleatoriedade (entropia). Um exemplo seria uma caixa com moléculas de gases hermeticamente fechada. Os sistemas abertos, por sua vez, podem não tender ao equilíbrio, mas sim a estados estacionários. Um mesmo estado pode ser mantido durante um tempo devido à troca de matéria e energia com o ambiente. Um exemplo deste último seria o sistema climático, composto por diversas massas de ar com diferentes densidades, temperatura e pressão. Assim, quando um sistema aberto é submetido a interações com o seu ambiente, ele tende a se modificar em resposta. Conforme as interações se intensificam, o sistema passa por um momento de transição que pode resultar em múltiplos estados estacionários. É como se o sistema se encontrasse em uma bifurcação e precisasse escolher para qual ramo irá seguir⁵. Trata-se de um sistema essencialmente indeterminado e imprevisível. A termodinâmica de não-equilíbrio se aplica a sistemas abertos.

Os sistemas podem também ser categorizados como lineares ou não-lineares. Tradicionalmente a física lidava com sistemas lineares, isto é, que reagem de maneira proporcional à intensidade da perturbação que é submetida. Recentemente, a física passou a lidar também com os não-lineares, isto é, com aqueles que reagem de maneira desproporcional à intensidade da perturbação inicial. Como indaga o clássico texto inaugural de Lorenz (1972) sobre sistemas climáticos: “poderia o bater das asas de uma borboleta no Brasil causar um tufão no Texas?”⁶.

A esta altura, importa assinalar que nem todo sistema não-linear é aberto. Existem sistemas fechados não-lineares, como um pêndulo em um ambiente hermeticamente fechado à vácuo (sem atrito). Assim como existem sistemas fechados não-lineares, como é o caso da caixa gasosa hermeticamente fechada, já que suas moléculas se movimentam de maneira caótica e aleatória. Mas a tendência observada na natureza é que sistemas abertos sejam não-lineares. Os sistemas complexos são aqueles que são abertos e não-lineares, sendo que esta não-linearidade se dá não apenas pelo formato da equação que os regem, mas devido “à forma com que os entes que o compõem se organizam” (Ribeiro, 2022, p. 166). Em outras palavras, os elementos indivisíveis que compõem o sistema complexo interagem entre si gerando “organizações diferentes em escala de agregação diferentes”. Sob esta definição, um gás confinado em uma caixa não é um sistema complexo por que não existem escalas de agregação diferentes – os átomos e moléculas colidem entre si de maneira aleatória, mesmo se forem submetidos à uma agitação térmica - mas o sistema climático é.

Outros exemplos de sistemas complexos que podemos citar são: o corpo humano, o cérebro, o sistema imunológico, as células, a cadeia alimentar, uma colônia de insetos, a floresta amazônica e

⁵ Uma ilustração desta bifurcação é apresentada em Saviotti e Metcalfe (1991, p. 7).

⁶ Traduzido do original em inglês.

a *World Wide Web* (Mitchell, 2009; Ribeiro, 2022). O que eles têm em comum? A presença de propriedades emergentes:

“como o sistema apresenta essas organizações diferentes em escalas de agregação diferentes, tendo formas de interação entre os elementos específicas para cada nível de agregação, teremos também comportamentos diferentes quando olhamos o sistema nessas diferentes agregações. [...] Chamamos de propriedades emergentes esses comportamentos que surgem quando o sistema é estudado de forma mais agregada e que não existem quando o sistema é estudado de forma mais desagregada. [...] A dinâmica do sistema complexo será então definida por essa intrincada cadeia de relação entre os seus entes indivisíveis e as estruturas mesoscópicas que surgem à medida que ele vai sendo agregado até chegarmos ao sistema macroscópico. É essa intrincada cadeia de interações que leva à não linearidade do sistema” (Ribeiro, 2022, p. 167-8).

Uma característica importante nos sistemas complexos é a existência de avalanches. Elas podem ser entendidas “como uma mudança de grande escala em um curto período de tempo na série temporal do sistema complexo”. A avalanche existe devido ao alto grau de interação entre os elementos em diversos níveis de agregação.

Feitas essas ponderações, é notável como a teoria de sistemas complexos pode ser aplicada em diversas áreas do conhecimento. Seus conceitos são vistos principalmente na física, química e biologia, mas também é possível trazê-los para as ciências sociais e econômicas. Em um sistema econômico, o elemento indivisível pode ser entendido como as pessoas. Estes indivíduos podem se agregar em empresas, governos, universidades, países e intermediar suas relações através de mercados e leis.

“No entanto, o sistema econômico apresenta uma grande peculiaridade que diferencia a sua dinâmica dos demais sistemas complexos vindos da física, que é o fato de o ente indivisível da economia pensar e ter intencionalidade. Desse modo, ele pode mudar dinamicamente o seu comportamento como resposta a alguma alteração que houve no sistema econômico” (Ribeiro, 2022, p. 174).

Não só o agente individual, mas isto também se aplica às organizações de maior grau de agregação. “Com essa peculiaridade do sistema econômico, que o diferencia dos demais sistemas complexos estudados na física, temos uma limitada capacidade de fazer projeções futuras nesse sistema através de extrapolações da dinâmica passada” (p.179).

Sendo assim, a análise da economia sob a ótica de sistemas complexos se situa longe da noção de equilíbrio e corrobora na elaboração de críticas à economia neoclássica. Paralelamente, alguns economistas já haviam manifestado incômodos em relação à teoria econômica convencional. Sob a

perspectiva da teoria de sistemas complexos, pode-se argumentar que a teoria neoclássica apresenta limitações teóricas, pois ela não estuda os desdobramentos dos padrões de comportamento adotados pelos agentes. Assume-se que, uma vez no equilíbrio, os agentes não são induzidos a tomar outro tipo de ação. Em suma, debruça-se sobre padrões estáticos que resultam em equilíbrios estáveis (ARTHUR, 1999).

Entende-se que a teoria econômica convencional possui insuficiências teóricas para análise de determinados problemas. Assim surge motivação para a convocação de economistas com o intuito de “discutir a ideia da economia como um sistema complexo e em evolução”⁷ (Arthur, 2010, p. 150). A pedido de John Reed do Citibank, Kenneth Arrow convidou dez economistas e Philip W. Anderson, representante dos físicos, convidou mais dez cientistas da física, biologia e ciências da computação. Neste contexto, o Instituto Santa Fe (*Santa Fe Institute* ou SFI) fundou o seu programa de pesquisa “*Economy as an Evolving, Complex System*” em 1988 após a reunião destes pesquisadores e cientistas motivados a pensar novas maneiras de se compreender problemas econômicos⁸. Conforme relata Arthur (2010), algumas ideias já borbulhavam nas ciências naturais e esperava-se que este encontro pudesse estimular o pensamento da economia de novas maneiras.

Em oposição aos pressupostos irrealistas e simplistas praticados pela teoria convencional, foi criada esta nova abordagem que pensa como ações, estratégias e expectativas dos agentes reagem (talvez até endogenamente) aos seus próprios padrões de comportamento. Para Arthur (1999):

“[...] I want to argue that this movement is not a minor adjunct to neoclassical economics; it is something more than this. It is a shift from looking at economic problems at equilibrium to looking at such problems out of equilibrium, a shift to a more general economics - to a non-equilibrium economics”.

O autor também contextualiza que a complexidade, em termos gerais, não é uma ciência, mas sim um movimento dentro da comunidade científica, que estuda como os elementos que interagem dentro de um sistema criam padrões e como estes padrões, por sua vez, fazem os elementos mudarem ou se adaptarem em reação a eles. Por isso, é um tópico multidisciplinar, que pode ser aplicado para o entendimento não só de sistemas econômicos, mas também outros, como biológicos e físicos (Arthur, 2021).

Dentro deste arcabouço, o pressuposto de equilíbrio – entendido como o resultado agregado coerente com o comportamento dos agentes e sem incentivo para mudanças – é abandonado. As premissas que assumem racionalidade dos agentes e informação perfeita também são rejeitadas. A

⁷ Traduzido do original em inglês.

⁸ Para se aprofundar na história da fundação do ISF e da complexidade enquanto ciência, ver Fontana (2010).

economia passa a ser vista como uma ecologia de crenças, princípios organizacionais e comportamentos que estão sempre mudando e se adaptando ao ambiente (ARTHUR, 2021).

Com o intuito de captar o comportamento dos agentes neste ambiente de incertezas e em constante evolução, a complexidade adota a abordagem algorítmica. Este tratamento permite admitir que os agentes não necessariamente agem de maneira idêntica o tempo todo (ARTHUR, 2010). Além disso, o emprego de algoritmos para modelagem de problemas econômicos permite assumir funções não-lineares, já que são usados métodos computacionais para tal (ARTHUR, 2021). Não-linearidades aparecem com frequência em sistemas complexos, e muitas vezes na forma de feedbacks positivos. Na economia, feedbacks positivos se manifestam através de retornos crescentes (Arthur, 1999, p. 108). A teoria econômica convencional geralmente admite retornos decrescentes, para que um único e previsível equilíbrio seja alcançado. Assumir retornos crescentes geram consequências diferenciadas, que incluem: múltiplas soluções potenciais; resultados não previsíveis e que não são os mais eficientes; presença de lock-in, trajetórias dependentes e assimetrias. Estes fenômenos também são observados no estudo da física não-linear, onde feedbacks positivos se fazem presentes.

Sendo assim, as situações com presença de retornos crescentes devem ser modeladas não como problemas estáticos e determinísticos, mas sim como processos dinâmicos baseados em eventos aleatórios e não-linearidades. Isto implica que, um mesmo processo pode às vezes ter um resultado e em outra ocasião (sob as mesmas condições), um desfecho distinto. Não há nada que garanta o mesmo resultado sob as mesmas condições. Disto, podemos inferir que, economias inicialmente iguais, com setores importantes apresentando retornos crescentes, não necessariamente seguem a mesma trajetória. Mecanismos de retornos crescentes também podem elucidar como algumas economias ficam presas (*locked-in*) em trajetórias de desenvolvimento inferiores e difíceis de sair (ARTHUR, 1990).

Modelos computacionais que utilizam algoritmos também podem ser utilizados para abordar a questão das expectativas dos agentes, criando um mercado artificial para simulações. A hipótese de expectativas racionais é renunciada pois ela contém uma indeterminação intrínseca: assume-se que os agentes deduzem com antecedência qual será o modelo de previsão adotado pelos outros agentes e que todos sabem como usar este modelo (ARTHUR, 2010). Um exemplo ilustrativo desta indeterminação é o problema do El Farol Bar⁹.

Logo, o agente individual não sabe como os outros irão tomar suas decisões e sua própria decisão depende disso. Como a complexidade econômica lida com este caso? Toma-se como ponto de partida que os agentes agem de maneira indutiva, como se fossem estatísticos. Cada indivíduo

⁹ Mais detalhes sobre este problema podem ser vistos em Arthur (2021).

adota um modelo de previsão diferente. A cada semana que passa, eles testam este modelo. Forma-se uma “ecologia” de comportamentos: cada agente possui a sua previsão, crenças e estratégias que são testadas. O termo “ecologia” é utilizado pois os agentes atuam como as espécies que lutam pela sobrevivência, se adaptando mutuamente e coevoluindo, até chegar em uma estrutura. De qualquer maneira, na complexidade econômica, a “solução” do modelo é frequentemente um conjunto de estratégias, ações e comportamentos que coexistem e competem entre si (ARTHUR, 1999; ARTHUR, 2010; ARTHUR, 2021).

3. TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA FIRMA: UMA SUGESTÃO DE RELEITURA

Até agora, sabemos que é central para a nossa elaboração partir da ideia que a economia está fora do equilíbrio e aberta a mudanças. Um dos motivos para isso é nossa compreensão do papel da inovação tecnológica dentro do sistema capitalista (ARTHUR, 2015). Como vimos na seção 1, a mudança tecnológica é entendida como uma fonte de perturbações para o sistema econômico capitalista. Estas perturbações ocorrem de maneira desigual no mundo. Existem diversos processos de mudança tecnológicas ocorrendo simultaneamente em ritmos diferentes. No agregado, a evolução do capitalismo é dada em um cenário caótico de dinâmicas superpostas.

Este fenômeno não é apenas teórico, já que podemos encontrar evidências empíricas em Ribeiro et al (2017), através da decomposição da série da taxa de lucro dos EUA entre 1870 e 2011. Neste artigo, obtém-se a superposição de um conjunto de ciclos na dinâmica de longo prazo dos EUA no período analisado. Com um importante peso estatístico existem ciclos de 23, 20, 35 anos e um conjunto de ciclos menores ao mesmo tempo. Com menos significância estatística existe um ciclo de 70 anos. Ou seja, um único ciclo praticamente não existe, mas sim a combinação de diversos ciclos de durações distintas, que “parece ser recorrente da introdução simultânea de diversas inovações tecnológicas de impactos diferenciados”¹⁰ (Albuquerque, 2021, p. 68).

A revelação empírica de diversos ciclos simultâneos de Ribeiro et al. (2017) dialoga com Slutsky (1927), que já havia suspeitado a existência de um padrão de ciclos de diferentes oscilações sobrepostos quanto trabalhou com Kondratiev no Instituto de Conjectura de Moscow. Portanto, apesar dos recursos computacionais limitados à época, pode-se afirmar que é possível encontrar noções de complexidade em Slutsky e Kondratiev (Albuquerque, 2023; Franco et al. 2022).

Assim, a proposta desta seção é mostrar como a teoria de sistemas complexos pode ser concebida como uma provedora de ferramentas metodológicas úteis para pesquisas econômicas, substituindo o aparato teórico de equilíbrio geral (Albuquerque, 2023). Ela não pode só ser encontrada

¹⁰ Esta observação é importante para possibilitar a caracterização do funcionamento da economia como um sistema complexo.

e aplicada nos estudos de ciclos como vimos acima, mas também em problemas microeconômicos, isto é, sob a perspectiva da firma, como será visto adiante.

Parte da literatura microeconômica que faz críticas a teoria neoclássica ficou conhecida como evolucionária. As teorias evolucionárias que nos referimos se propõem pensar os processos de mudança qualitativa na estrutura microeconômica, tratando-os como processos ordenados e sistêmicos, ao contrário da economia neoclássica, que busca caracterizar estados de equilíbrio (Cerqueira, 2002, p. 67). Textos inaugurais de Herbert Simon fazem críticas e reflexões acerca da racionalidade (Simon, 1978, 1979). Ao incluir o papel da inovação na dinâmica econômica, Dosi et al. (1987) publicam um copilado de textos de diversos autores que contribuem para o debate evolucionário. Entre eles, temos Freeman, Nelson, Perez e Arthur.

Nelson (1995) propõe que, conceitualmente, o foco da teoria econômica evolucionária é em uma variável ou em um conjunto de variáveis que mudam ao longo do tempo, com a tarefa de compreender o processo dinâmico de mudança observada. Outra abordagem possível seria o estudo do estado atual de uma variável ou de um sistema a partir da compreensão como ele chegou em determinada condição.

Dosi (1997) levanta de maneira didática quais são o que ele considera os sete principais elementos constituintes de uma teoria evolucionária: 1) Presença de *dinâmica* no fenômeno estudado. É essencial compreender *como* um fenômeno se tornou o que é; 2) Presença de *microfundamentação*; 3) Os agentes possuem *racionalidade limitada*; 4) Os agentes são *heterogêneos* e dependentes da trajetória percorrida por eles; 5) Surgimento recorrente de *inovações* no sistema; 6) Existência de mecanismos de *seleção*; 7) Presença de *propriedades emergentes*: o todo é muito mais do que suas partes. Como o autor ressalta, nem todos os modelos evolucionários possuem todas essas características. A maioria deles possui apenas um subconjunto delas.

Como pode ser observado, já é possível notar elementos de complexidade presentes no modo de pensar dos economistas evolucionários. O sétimo elemento levantado por Dosi no parágrafo anterior é característico de sistemas complexos. Não é por acaso que Brian Arthur, um dos economistas convidados por Kenneth Arrow para formar o programa “*Economy as an Evolving, Complex System*” do ISF, já havia sido notado por Dosi, Freeman e Nelson, colaborando em estudos sobre competição de tecnologias (Dosi et al., 1988).

Dessa forma, esta seção tem como objetivo sugerir uma releitura de algumas vertentes de pesquisa da microeconomia evolucionária apoiando-se no aparato teórico de sistemas complexos. Em primeiro lugar, analisaremos a literatura voltada aos estudos da evolução das indústrias ou das

metamorfoses da firma. Depois, mudamos o foco para a firma em si, que compõe a indústria enquanto unidade, investigando seu comportamento e as organizações envolvidas.

3.1 AS METAMORFOSES DA FIRMA

Em “The Visible Hand”, Chandler (1977) tem como objetivo estudar a história da firma estado-unidense desde a década de 1840 até os anos 1920. Este período é particularmente interessante pois foi quando ocorreu a transição da economia dos Estados Unidos de rural e agrária para industrial e urbana. Nesta obra, o autor defende que, diferente do que o senso comum acreditava, não foi sob a atuação de uma “mão invisível” do mercado que esta transição ocorreu. Ou seja, não ocorreu sem uma revolução na administração dentro da firma. A transformação da economia americana ocorreu devido à formação de diversas corporações grandes e verticalmente integradas. A coordenação organizacional de uma firma deste porte só é possível graças aos empregados dela que trabalharam para isso. O nome do livro é uma referência a expressão “mão invisível” do mercado, empregada pela primeira vez por Adam Smith (1776) em “A Riqueza das Nações”. Sendo assim, a ideia é mostrar que a economia estado-unidense não cresceu sob a “mão invisível” do livre-mercado. Muito pelo contrário, este crescimento foi graças a “mãos visíveis” que tornaram possível a formação e administração destas firmas grandes o suficiente para serem responsáveis por mais de um estágio da cadeia de produção.

Estas firmas eram bem características da demografia empresarial americana entre os anos 1950 e 1960. No entanto, como observa Langois (2003), a partir da década de 1980 fica claro que estas firmas passam a ser cada vez menos significativas. Aos poucos, a cadeia de produção desintegra sua estrutura vertical e as firmas se tornam cada vez mais se especializadas. Assim, a mão que era “visível” começa a desaparecer e é por isso que o autor nomeia seu artigo de “*The vanishing hand: the changing dynamics of industrial capitalism*”.

A narrativa das metamorfoses da firma descrita anteriormente com a metáfora das mãos nada mais é do que outra face do processo smithiano de divisão do trabalho. Como havia previsto Smith (1776), conforme o mercado aumenta sua extensão, o trabalho na economia se divide crescentemente. A firma descrita por Chandler (1977) representa uma fase devido à combinação de tecnologia e mercado que havia no seu período de ascensão. Isto é, sua existência foi apenas um episódio temporário. Segundo Langlois (2003), conforme a taxa de crescimento da população e da renda aumentam e as barreiras tecnológicas e de circulação reduzem, há a tendência em haver maior especialização das funções e de coordenação de mercado. No entanto, a tecnologia, as organizações e instituições mudam em ritmos diferentes. A verticalização observada por Chandler (1977) foi uma resposta a um desequilíbrio entre estes componentes. As organizações e instituições estavam atrasadas

em relação à tecnologia. Os mercados existentes – principalmente os relacionados ao transporte e comunicação - eram inadequados para atender as oportunidades de novos lucros trazidos pelas novas tecnologias. Posteriormente, os mercados avançam até o ponto no qual a firma verticalizada já não fazia mais sentido existir.

Langlois (2003) chama de custos de transação dinâmicos o custo de coordenação de mercado existentes. Eles são dinâmicos pois os componentes do mercado estão sempre mudando. A firma precisa sempre revisitar o problema dado pelos custos de transação dinâmicos para verificar se a estrutura organizacional do mercado está adequada para atender sua estrutura industrial interna. Cabe à cognição humana – através do ato de administrar – o papel de processar as informações disponíveis e tomar decisões para amortecer as incertezas.

Dessa forma, as metamorfoses da firma são, essencialmente, reflexo das transformações do mercado e das organizações. Langlois não nega Chandler, mas sim reinterpreta-o dentro de um contexto mais amplo do processo de divisão de trabalho de Smith. Chandler, enquanto historiador de organizações, remete ao período do Antebellum dos Estados Unidos para construir sua argumentação. Este período, cujo nome significa “pré-guerra”, é o que compreende entre os anos de 1815 e 1861. Esta fase é marcada ter a economia altamente fragmentada e descentralizada, com baixos níveis de especialização e alto custo de transporte e distribuição. Neste cenário, as chances de obtenção de financiamento para empreendimentos novos eram praticamente nulas. O próprio Langlois (2003) reconhece que, nesta altura do desenvolvimento capitalista, a economia era organizada pela “mão invisível” do mercado: a combinação do crescimento da população, da expansão geográfica e da exportação de algodão para a Inglaterra fez com que o mercado crescesse à moda clássica smithiana, isto é, através de uma crescente especialização do trabalho.

A expansão das ferrovias e dos meios de comunicação dentro do país norte americano fez que os custos de transporte caíssem de maneira significativa. Isto implicou uma queda das barreiras geográficas existentes em um país tão grande de economias isoladas. Há maior possibilidade de integração do mercado e, portanto, a cadeia de valor produtiva pode ser mais eficiente. Após o fim da guerra civil (1861), as firmas viram oportunidades de obtenção de lucros maiores em economias de escala: “[...] *a few large plants can operate more cheaply [...] than a larger number of small plants. [...] The culmination of this [process] was the multidivisional (M-Form) corporation in the 20th century*” (Langlois, 2003, p. 359). As instituições de mercado surgem e passam a ter um papel extremamente relevante, pois o seu crescimento amortece as incertezas financeiras. Isto faz com que a obtenção de financiamentos seja facilitada, já que a responsabilidade foi transferida para as instituições munidas de portfólios diversificados.

Assim, a integração vertical da cadeia produtiva ocorre para superar os custos de transação dinâmicos neste ambiente de mudanças sistemáticas. As firmas cresceram e passaram a ser cada vez menos especializadas. Alguns exemplos interessantes ilustram este fenômeno: a Swift, empresa de frigoríficos, expandiu até ser responsável por comandar a criação de animais, os abatedouros, a distribuição dos produtos e fabricação do gelo para transporte e conservação dos produtos. Ela também comercializava subprodutos do abatedouro (como couro, fertilizantes, cola e sabão) e se inseriu na produção e comercialização de outros alimentos (como manteiga, ovos, aves e frutas, utilizando o mesmo sistema de distribuição originalmente feito para as carnes). A Ford, empresa automobilística, comandava toda a produção das partes de seus veículos. Ela não possuía fornecedores de seus componentes e não era apenas uma montadora (Langlois, 2003; Langlois, 2004).

Diante deste cenário, os mecanismos encontrados pelas firmas para amortecimento das incertezas foram diversos. A expansão do escopo via melhora da capacidade organizacional foi uma delas. Ao mesmo tempo, a economia norte americana criou mercados regulatórios, como leis antitruste, patentes e contratos de longo prazo.

Para Langlois (2003), esta conjuntura descrita por Chandler (1977) começou a mudar na década de 1970. Com os avanços tecnológicos, a estrutura de custos relativa mudou – os custos fixos reduziram. Novas possibilidades lucrativas se abrem com a desverticalização da grande corporação. Mais uma vez, pode-se observar uma mudança nos custos de transação dinâmicos. A firma chandleriana continua a existir, mas ela é uma parte menor da demografia das firmas. Em média, a firma multidivisional hoje é menos integrada verticalmente e mais especializada.

Pode-se resumir as metamorfoses da firma como: conforme o tempo passa e a divisão do trabalho se intensifica, o nível de renda aumenta, enquanto os custos de transação dinâmicos tendem a diminuir. No período do Antebellum, a renda era baixa e os custos de transação dinâmicos eram enormes. Com o avanço das tecnologias em transporte e comunicação, os custos de transação passam a diminuir e a renda a aumentar. Antes de chegar no período em que esta relação está completamente inversa, ela passa por uma fase de transição. É neste intervalo que a “mão visível” precisou atuar, formando a firma multidivisional integrada verticalmente, já que eram circunstâncias de muita incerteza e era preciso mitigá-las de alguma forma¹¹ (Langlois, 2004).

Como vimos, as noções de Smith (1776) são extremamente importantes para compreensão da evolução e crescimento das firmas dos Estados Unidos, segundo a perspectiva dos autores citados. É interessante notar que a elaboração contida em “A Riqueza das Nações” contém diversos elementos de complexidade. A presença de retornos positivos na divisão do trabalho é uma evidência disso. A

¹¹ Um gráfico ilustra esse parágrafo em Langlois (2004, p. 368).

própria divisão do trabalho possui características de fractal (Albuquerque, 2023). Portanto, se entendemos a dinâmica de crescimento e evolução das firmas como parte de um processo de ampliação da divisão do trabalho, é possível que a teoria da complexidade seja útil para aprofundar neste tema.

3.2 TEORIA DA FIRMA

Nelson (1991) observa que os economistas tendem a olhar para a firma como um agente homogêneo no mercado. O interesse principal do economista é analisar um setor industrial como um todo, e não a performance individual de uma firma em específico. Os administradores, por sua vez, estão preocupados com o comportamento e performance das firmas individuais. O autor defende que existe significância econômica analisar as diferenças discricionárias entre as firmas e a teoria neoclássica é limitada para lidar com este problema (por isso o nome deste artigo: “*Why firms differ and how does it matter*”). Nelson (1991) reconhece que Chandler (1977) adotou uma orientação diferente do convencional ao estudar as firmas, já que elas eram o seu centro das atenções. Mesmo assim, Nelson entende que a linha de raciocínio de Chandler é guiada por questões econômicas mais abrangentes. É claro que a performance da firma está relacionada com a performance da economia como um todo, mas Nelson argumenta que não é o mesmo fenômeno. Ou seja, é preciso se aprofundar ainda mais nos estudos sobre o comportamento das firmas para formular uma teoria da firma alternativa à neoclássica.

As contribuições das pesquisas sobre o comportamento das firmas e organizações foram sistematizadas pelo livro de Nelson e Winter (1982). Nele, os autores têm como objetivo formular uma teoria evolucionária da firma. Como ponto de partida, enfatiza-se que: 1) a informação que chega até a firma é limitada; 2) a racionalidade da firma é limitada e ela atua com o intuito de *satisficing*; 3) existem conflitos dentro das organizações que não são previstas e afetam o seu desempenho; 4) o ambiente externo não é controlado pela firma e também afeta o seu desempenho (CERQUEIRA, 2002, p. 70).

Assim como na teoria neoclássica, as regras de decisão tomadas pela firma são fundamentais para compreensão da teoria da firma sob a ótica evolucionária. A pergunta central é: por que a firma se comporta da maneira que ela se comporta? O que justifica o comportamento da firma? O que influencia a tomada de decisão da firma? Nelson e Winter (1982) rejeitam o comportamento maximizador do agente da teoria neoclássica tradicional e colocam a rotina organizacional com um papel central. A rotina inclui a forma como a firma produz coisas, contrata e demite funcionários, compra e se relaciona com seus fornecedores, como altera a produção quando aumenta a demanda,

suas políticas de investimento, de pesquisa e desenvolvimento, de propaganda e suas estratégias de negócios e de investimento.

Assim, a tendência é que as firmas se comportem no futuro da mesma maneira que a rotina empregada no passado. Dentro deste contexto, algumas firmas podem possuir rotinas melhores do que outras. Estas terão participação relativa na população das firmas aumentada ao longo do tempo. Esta concepção é claramente paralela à teoria da evolução biológica, na qual as mutações genéticas que melhor se adaptam sobrevivem no meio ambiente (Nelson e Winter, 1982, p. 18).

A alta competência do trabalhador na firma frequentemente é atingida onde habilidades e rotinas podem ser aprendidas e aperfeiçoadas com a prática. Quanto melhor sua competência, mais competitiva é a firma no mercado (Nelson e Winter, 2002, p. 29). Nesta abordagem, a competência individual (do trabalhador) e a capacidade organizacional (da firma) são tidos como análogos.

Entre as rotinas de uma mesma firma, existem hierarquias. Algumas decisões são tomadas entre os indivíduos que estão em cargos mais altos, como estratégias de propaganda ou a adequação do setor de pesquisa e desenvolvimento. Esta hierarquia é relevante pois dá coordenação à atividade organizacional da firma. Os indivíduos em cargos mais baixos têm suas rotinas definidas pelos que estão em cargos mais altos. Cada um desses indivíduos possui uma rotina ajustada às suas habilidades (Nelson, 1991, p. 68). Nesse sentido, rotinas são úteis para evitar conflitos. Se cada indivíduo tem a rotina do seu cargo bem definida, a chance de conflitos é menor. Conflitos são custosos para a firma, já que representam entraves à produção ou ao trabalho. As rotinas organizacionais também ajudam a firma a “estocar” e acessar o conhecimento que ela já tem. Aprender e reaprender rotinas gera custos, já que partimos do pressuposto que elas podem ser aperfeiçoadas com a prática.

Nelson (1991, p. 69) admite que sua formulação de teoria da firma não é muito diferente do que Chandler (1977) já tinha afirmado sobre a corporação moderna. Em suma, ambos concordam que, para a firma ser bem sucedida, ela precisa inovar e mudar de acordo com sua estratégia, revisando sempre o que deve ser feito ou não. Para isso, ela precisa de uma estrutura organizacional e governança para guiar e dar suporte neste processo. A firma precisa possuir uma rotina para revisar as rotinas já existentes. Por isso, é dito que as rotinas possuem uma natureza reativa, já que são formuladas a partir de tentativas e erros. É por isso que, segundo Nelson (1991, p. 66), Chandler possui uma lacuna em sua formulação, pois no processo de formação da grande firma verticalizada que ele descreve, ele não reconhece que esta nova forma de organização é produto de um aprendizado acumulado - e não dado. Para a grande corporação ter alcançado o nível que vimos na seção anterior, foi preciso testar e aprimorar novas rotinas diversas vezes.

Assim como no meio ambiente sob a seleção natural, só se pode esperar que as firmas sejam diversas sob uma teoria evolucionária da firma. É inevitável que as firmas adotem estratégias e rotinas diferentes. Isso acarreta em diferentes estruturas e habilidades nas firmas (inclusive de pesquisa e desenvolvimento). Diferente do que postula a teoria neoclássica, elas adotam caminhos diferentes, mesmo sob as mesmas condições. Algumas terão mais lucros do que outras. As que não obtiverem lucro terão que revisar sua estratégia e estrutura para se manter no mercado (Nelson, 1991, p. 69). A heterogeneidade das firmas é relevante inclusive para a competitividade entre elas. A competição, no fundo, vem do intuito de explorar possibilidades de fazer as coisas de uma maneira melhor (não necessariamente ótima). Portanto, podemos concluir que a diversidade entre firmas é um aspecto essencial para gerar progresso econômico. Existem normas regulatórias que proíbem monopólios ou fortes barreiras de entrada não só por que estas estruturas permitem uma grande lacuna entre preços e custos, mas também por que elas diminuem a probabilidade de se gerar uma variedade de rotinas.

A ligação da teoria evolucionária da firma com sistemas complexos é muito clara e já é sugerida pelos autores. Existem muitos modelos evolucionários formais que assumem a forma de equações dinâmicas (Nelson e Winter, 2002)¹². Acredita-se que estas literaturas dialogam e podem ser feitos avanços teóricos neste sentido. A partir destas considerações, estabelecer que uma firma é um sistema complexo ainda não é possível, mas pode-se entender que as firmas estão inseridas dentro de um sistema complexo, que é o sistema capitalista.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi visto que o sistema econômico capitalista se reformula o tempo todo. Devido ao papel das inovações no sistema de produção – gerar lucro a firma -, ele nunca está estático ou em equilíbrio. É crucial colocar a tecnologia no centro do sistema para a compreensão da dinâmica capitalista no longo prazo. Assim, conforme as tecnologias avançam, a dinâmica capitalista se mostra ser essencialmente um emaranhado de ciclos de diversas durações.

Ao abandonar os pressupostos neoclássicos, a complexidade surge com o intuito fornecer uma alternativa teórica de métodos quantitativos para solução de problemas econômicos. Em essência, ela fornece um substituto para a teoria do equilíbrio geral. A elaboração da teoria de sistemas complexos não anula as teorias desenvolvidas por economistas evolucionários. Pelo contrário, elas se complementam e há diversos incentivos para explorar esta intersecção, como é ressaltado por Freeman e Louçã (2001, p. 118-9)¹³.

¹² Mais detalhes dos modelos e seus tipos são descritos em Nelson e Winter (2002).

¹³ “*Alternatively, we suggest that nonlinear complex models are necessary to address the duality of dynamic stability [...] of systems that are nevertheless structurally unstable. These evolutionary models must address the central features*

Com isto em mente, a teoria da firma em termos evolucionários foi revisada sob a linguagem de sistemas complexos. Para a economia evolucionária, a teoria neoclássica é mecanicista, exclui as mudanças qualitativas e prende a economia em um esquema de equilíbrio sem espaço para erros e desenvolvimentos cumulativos (Cerqueira, 2002, p. 68). Defende-se que a teoria de sistemas complexos pode ser um grande aliado metodológico e ferramental para dar continuidade nos estudos da dinâmica capitalista e do comportamento da firma.

Este artigo se ocupa dos fundamentos teóricos de percepções críticas à economia neoclássica. A partir deles, é possível verificar que a atual da economia capitalista é resultado da superposição dinâmica de diversas revoluções tecnológicas. A firma, entendida como unidade de análise dentro do sistema capitalista, não é estática, já que passou por metamorfoses significativas ao longo dos anos. Espera-se que este quadro teórico contribua para a literatura no estudo dos movimentos econômicos de longo prazo, levando em consideração o comportamento das firmas e organizações a partir de uma visão dinâmica e qualitativa da economia. O intuito é fornecer uma base teórica que permita analisar dados de setores industriais de maneira sistemática e evolucionária, a fim de caracterizar o ambiente e o cenário em que as firmas e organizações estão inseridos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. Complex systems: introductory notes on a dialogue among political economy, evolutionary economics and physics. Paper presented at the International Workshop “Structural Change, Social Inclusion And Environmental Sustainability: New Perspectives And Policies In Economic Development” – Plenary Conference: “State Of The Art And Challenges For Research In Development” (7 September 2023).

ALBUQUERQUE, E. M. Revoluções tecnológicas e general purpose technologies: mudança técnica, dinâmica e transformações do capitalismo. In: RAPINI, M. S.; RUFFONI, J.; SILVA, L. A.; ALBUQUERQUE, E. M. (Orgs.). Economia da ciência, tecnologia e inovação. Fundamentos teóricos e a economia global, 2ª ed. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG, 2021.

ANDERSON, P. W. (1972) More is different: broken symmetry and the nature of the hierarchical structure in science. *Science*, v. 177, n. 4047, pp. 393-396, 4 August 1972.

ARTHUR, W. B. Complexity and the Economy. *Science*, v. 284, n. 5411, p. 107-109, 1999. DOI: 10.1126/science.284.5411.107.

of real economies: capitalism is unstable and contradictory, but it controls its process of accumulation and reproduction”.

ARTHUR, W. B. Positive Feedbacks in the Economy. *Scientific American*, vol. 262, n. 2, pp. 92-99, 1990.

ARTHUR, W. B. Complexity, the Santa Fé approach and non-equilibrium economics. *History of Economic Ideas*, v. XVIII, n. 2, pp. 149-166, 2010.

ARTHUR, W. B. *Complexity and the economy*. Oxford: Oxford University Press, 2015.

ARTHUR, W. B. Foundations of complexity economics. *Nature Review Physics*, v. 3, February, pp. 136-145, 2021.

BRESNAHAN, T. "General purpose technologies". In: HALL, B. & ROSENBERG, N. (eds.) *Handbook of the economics of innovation*. Volume II. Amsterdam: North Holland, pp. 761-791, 2010.

CERQUEIRA, H. E. G.; ALBUQUERQUE, E. M. China and the first impact of the Industrial Revolution: initial conditions and a falling behind trajectory until 1949. *Nova Economia*, v. 30, n. especial, p. 1169-1198, 2020.

CHANDLER JR., A. (1977). *The Visible Hand - The Managerial Revolution in America Business*. London: The Belknap Press of Harvard University Press.

DOSI, G. (1997) Opportunities, incentives and collective patterns of technological change. *The Economic Journal*, v. 107, pp. 1530-1547.

DOSI, G.; NELSON, R. Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In: HALL, B.; ROSENBERG, N. (eds.). *Handbook of the economics of innovation*, v. I. Amsterdam: North Holland, p. 51-127, 2010.

FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. *As time goes by: from the industrial revolutions and to the information revolution*. Oxford: Oxford University, 2001.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter, p. 38-66, 1988.

FRANCO, M. P. V; RIBEIRO, L. C.; ALBUQUERQUE, E. M. (2022) Beyond random causes: harmonic analysis of business cycles at the Moscow Conjunction Institute. *Journal of the History of Economic Thought*, v. Online, p. 1-21 (disponível em <https://doi.org/10.1017/S1053837221000092>)

HELPMAN, E. (ed.). *General purpose technologies*. Stanford: Stanford University, 1998.

IZEPÃO, R.; BRITO, E.; BERGOCE, J. O indivíduo na economia neoclássica, comportamental e institucional: da passividade à ação. *Leituras de Economia Política*, Campinas, (31), p. 55-74, jul./dez. 2020.

KONDRATIEV, N. D. Long cycles of economic conjuncture. In: *The works of Nikolai D. Kondratiev*. Edited by N. Makasheva, Samuels, W.; Barnett. London: Pickering and Chato (1998), pp. 25-60, 1926.

LANGLOIS, R. (1994) The boundaries of the firm. In: BOETTKE, P. (org.) (1994) *The Elgar Companion to Austrian Economics*. Aldershot: Edward Elgar, pp. 173-178.

LANGLOIS, R. (2003) The vanishing hand: the changing dynamics of industrial capitalism. *Industrial and Corporate Change*, v. 12, n. 2, pp. 351-385.

LORENZ, E. N. Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set off a Tornado in Texas? *American Association for the Advancement of Science*, 1972.

MARQUETTI, A. A.; CHAVES, C. V.; RIBEIRO, L. C.; ALBUQUERQUE, E. M. Rate of Profit in the United States and in China (2007-2014): A Look at Two Trajectories and Strategic Sectors. *Review of Radical Political Economics*, v. 53, p. 116-142, 2021.

MITCHELL, M. *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press, 2009.

NELSON, R. (1991) Why do firms differ, and how does it matter? In: NELSON, R. *The sources of economic growth*. Cambridge, Mass: Harvard University, 1996.

NELSON, R. & WINTER, S. (2002) Evolutionary theorizing in economics. *Journal of Economic Perspectives*, v. 16, n. 2, pp. 23-46.

NELSON, R. R. Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of Economic Literature*, v. XXXIII, p. 48-90, 1995.

NELSON, R. & WINTER, S. (1982) *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University.

PATEL, P.; PAVITT, K. Uneven (and divergent) technological accumulation among advanced countries: evidence and a framework of explanation. *Industrial and Corporate Change*, v. 3.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PINHEIRO, SAHRA F. (2022) *A world wide web como uma general purpose technology*. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG (Tese de Doutorado).

RIBEIRO, L. C.; ALBUQUERQUE, E. M. O papel da periferia na atual transição para uma nova fase do capitalismo. *Cadernos do Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 17, p. 166-186, jul.-dez. 2015.

RIBEIRO, L. C.; DEUS, L. G.; LOUREIRO, P. M., ALBUQUERQUE, E. M. A network model for the complex behavior of the rate of profit: exploring a simulation model with overlapping technological revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 43. pp. 51-61, 2017 (available at <http://dx.doi.org/10.1016/j.strueco.2017.07.001>).

ROSENBERG, N. *Perspectives on technology*. New York; London; Melbourne: Cambridge University Press, 1976.

SAVIOTTI, R Paolo e METCALFE, J. Stanley 1991. "Present developments and trends in evolutionary economics". In: *Evolutionary theories of economic change: present status and future prospects*. Reading: Harwood Academic, p. 1-30.

SCHUMPETER, J. A. *A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juros e o ciclo econômico*. Coleção Os Economistas. São Paulo: Abril Cultural, [1982] 1911.

SCHUMPETER, J. A. *Business cycles*. New York/London: McGraw-Hill Book Company, 1939.

SIMON, H. (1978) Rationality as process and as product of thought. *American Economic Review*, v. 68, n. 2, pp. 1-16.

SIMON, H. (1979) From substantive to procedural rationality. In: HAHN, F.; HOLLIS, M. (eds) *Philosophy and economic theory*. London: Oxford University.

SLUTSKY, EVGENII E. [1927] 1937. The Summation of Random Causes as the Source of Cyclic Processes. *Econometrica*, v. 5, n. 2, pp. 105-146.

SMITH, A. (1776) *A Riqueza das Nações: investigação sobre sua natureza e suas causas*. São Paulo: Abril Cultural, 1983.