

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECONOMIA POLÍTICA – PUC-SP**



TEXTO PARA DISCUSSÃO

Junho de 2023

**Economia, Tecnologia e Aprendizado
Rumo a Sociedade 5.0**

Bruno Pacheco Heringer

Economia, Tecnologia e Aprendizado Rumo a Sociedade 5.0¹

Bruno Pacheco Heringer

Resumo: O presente trabalho tenciona investigar o modo como as inovações tecnológicas no capitalismo hodierno devem ser entendidas no contexto de processos de aprendizado, caracterizando o predomínio do conhecimento como um fator de produção. A economia do aprendizado, enquanto campo de estudo da ciência econômica, é elaborada e conexões são estabelecidas entre ela e uma nova forma social marcada pela onipresença das tecnologias da informação e comunicação, as quais seguem a revolução digital com vista ao aprimoramento do bem-estar humano, designada como ‘Sociedade 5.0’.

Palavras-chave: Tecnologia. Inovação. Economia do Aprendizado. Sociedade 5.0.

Abstract: The present work proposes to look into the way technological innovations in present day capitalism ought to be understood in the context of learning processes, highlighting the prevalence of knowledge as a productive factor. The economics of learning, as a field of study of economic science, is elaborated and links are established between it and a new social form characterized by the omnipresence of information and communication technologies, which follow upon the digital revolution aiming the improvement of human well-being, defined as ‘Society 5.0’.

Keywords: Technology. Innovation. Economics of Learning. Society 5.0.

INTRODUÇÃO

O capitalismo contemporâneo é marcado pelo deslocamento cada vez mais veloz das estruturas econômicas e tecnológicas, simultaneamente sinalizando rápidas e sucessivas transformações das diferentes dimensões sociais. Em particular, encontramos em um contexto de mudanças extremamente céleres nos modos de viver e pensar, o que inclui as interações nos domínios público e privado.

Destaca-se nesse sentido as repercussões sociais e econômicas das mutações tecnológicas, as quais reconfiguram a totalidade das relações entre pessoas. Uma vez que

¹ Devo ciência do conceito de ‘Sociedade 5.0’ à apresentação do Prof. Francisco Carlos Ribeiro em 25 de abril de 2022, no Grupo de Pesquisas em Economia Industrial, Trabalho e Tecnologia (EITT) do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política da PUC-SP.

a análise das mutações tecnológicas e suas implicações socioeconômicas compreende também seus entraves, devemos considerar o contexto histórico no qual se desenrolam.

Nesse sentido, podemos identificar certas macrotendências no desenvolvimento tecnológico e suas repercussões, compreendida nos termos da ‘economia do aprendizado’. Este novo paradigma se intensifica no âmbito da denominada Sociedade 5.0, caracterizada pelo elevado estágio de desenvolvimento tecnológico e as exigências crescentes em termos do conhecimento dos agentes nela envolvidos, resultantes da revolução digital.

Este artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção elaborará considerações econômicas acerca da mudança tecnológica, em vista sua dimensão disruptiva, e enfatizando sua dimensão difusora. A terceira seção elabora o conceito de ‘economia do aprendizado’, suas principais categorias e consequências sobre o processo inovativo. Na quarta seção, aponta-se como as novas tecnologias representadas pela quarta revolução tecnológica não são tanto superadas, como são incorporadas em um contexto de aprendizado na assim denominada ‘Sociedade 5.0’, destacando a dimensão social do processo inovativo nesta. Na última seção retomamos os principais pontos elencados no artigo, destacando a importância de deslocarmos o foco da ciência econômica de análises estáticas de recursos escassos para uma análise dinâmica que engloba os processos de aprendizado culminantes na Sociedade 5.0.

O PROCESSO CAPITALISTA COMO PROGRESSO TECNOLÓGICO

As sociedades capitalistas contemporâneas são caracterizadas pelos elevados padrões de vida se comparadas às sociedades que lhe antecederam. Por vezes, no entanto, os motivos elencados para justificar a melhoria no bem-estar se reduzem a análises de eficiência alocativa estática, na qual os ganhos de arbitragem suscitados pela disparidade entre preços e custos bastariam para garantir o melhor resultado possível para todos os envolvidos, podendo ser caracterizada como uma situação Pareto-eficiente.

Há que se notar que as economias capitalistas não se reduzem às trocas de mercado em contexto de escassez, como contemplam processos no âmbito da esfera da produção. Isso equivale a dizer que a raiz da elevação nos padrões de vida deve ser identificada na mudança tecnológica que suscita padrões de crescimento disruptivos/desequilibradores.

De modo a visualizar a importância do progresso tecnológico como explicação da melhor anos padrões de vida, tomaremos emprestada a discussão feita por Martins (2015) diferenciando três conceitos de eficiência: eficiência ricardiana, eficiência em crescimento ou kaldoriana e eficiência schumpeteriana².

A eficiência ricardiana, podendo ser chamada também de eficiência estática, postula as vantagens comparativas da produtividade do trabalho decorrentes quer de tecnologias dadas quer da dotação de fatores; a eficiência kaldoriana, por sua vez, ressalta que a trajetória de crescimento de um país depende de os bens representativos de sua pauta exportadora serem de elevada elasticidade-renda; por fim, a eficiência schumpeteriana enfatiza a importância da concentração em atividades produtivas dotadas de características desejáveis como potencial tecnológico, apropriabilidade e cumulatividade (MARTINS, 2015).

Destacamos para fim de nossa discussão o terceiro tipo de eficiência, schumpeteriana, pois argumentamos que ela sinaliza a forma específica com que opera o dinamismo do capitalismo. Isto é, uma economia capitalista não pode ser entendida como apenas a operação de mecanismos que asseguram, via preços relativos, a satisfação dos demandantes considerando a oferta de bens existentes; ou em outros termos, para introduzir um elemento temporal, um processo *equilibrador* de arbitragem de ganhos. Mais do que isso, o capitalismo é um modo de produção ou organização econômica caracterizado pelos *desequilíbrios* gerados endogenamente na esfera da produção, tomando forma nas inovações.

Essa percepção é sugerida por Rosenberg (2006a, p. 19):

As sociedades industrializadas do Ocidente desfrutam atualmente de um bem-estar material de nível superior, não simplesmente porque consomem maiores quantidades *per capita* dos bens disponíveis, digamos, ao final das guerras napoleônicas, mas pelo fato de terem à sua disposição formas inteiramente novas de transporte rápido, de comunicações instantâneas, poderosas fontes de energia, medicamentos que reduzem a dor e salvam vidas, e um estonteante rol de bens inteiramente novos com os quais sequer se sonhava cento e cinquenta ou duzentos anos atrás.

Em todo caso, o fundamental é notar a função cumprida pelas inovações. Uma inovação é distinguida de uma mera invenção na medida em que não se apenas elabora uma ideia acerca de um novo produto ou processo, como também se *comercializa* aquela

² A discussão em Martins (2015) é feita em vista dos padrões de especialização no âmbito do comércio internacional.

ideia (DOSI, 1982). É possível ainda distinguir conceitualmente entre inovações de produto (novos bens) e inovações de processo (novos processos que reduzem custo unitário), apesar de, na prática, a identificação admitir alguma ambiguidade, pois a depender da perspectiva ser do fornecedor ou usuário poderá ser considerada em um ou outro caso (ROSENBERG, 2006a).

Importa notar que a definição de ‘tecnologia’ com que operaremos não corresponde a uma simples fronteira de possibilidades de produção, optando pela definição sugerida por Dosi (1982) em que uma tecnologia é constituída por conjuntos de conhecimentos de caráter teórico e prático, voltados ao diagnóstico e resolução de problemas considerados relevantes. Anteciparemos um ponto que será elaborado adiante, levantado por Rosenberg (2006a) em que o progresso técnico³ está intimamente associado ao conhecimento necessário para ensejar maior volume produzido e/ou bens de qualidade diferenciada.

Uma vez que o processo inovativo envolve uma complexa coordenação entre diferentes agentes, é preciso entender suas causas. Se nos detivermos em uma perspectiva linear das inovações, podemos indicar dois grandes grupos de explicações para o processo inovativo, quais sejam, a leitura *demand-pull*⁴ em que a demanda de mercados (consumidores) engendra as inovações, enquanto a alternativa *technology-push*⁵ ressalta a aplicação sistemática de métodos científicos visando inovações através de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (DOSI, 1982).

Os dois modelos, aproximando um de fatores de demanda⁶ e outro dos de oferta, entretanto, constituem perspectivas excessivamente reducionistas, levando a uma distorção das verdadeiras causas por trás dos processos inovativos. Em verdade, devemos adotar uma abordagem que contemple pluralidade de elementos por trás das inovações, pois que as “teorias de estímulo de demanda e empuxo tecnológico deixam de fazê-lo” (DOSI, 1982, p. 151, tradução nossa). Freeman e Soete (2008), sugerem, assim, que o processo inovativo envolva atividade interativa ou bilateral, onde é preciso ter em conta

³ Empregaremos os termos ‘progresso tecnológico’, ‘progresso técnico’, ‘mudança tecnológica’ e ‘mudança técnica’ como sinônimos.

⁴ Pode ser traduzido como “estímulo de demanda”.

⁵ Pode ser traduzido como “empuxo tecnológico”.

⁶ Exemplos de fatores de demanda que servem como indutores das inovações são necessidades de usuários comunicadas às firmas, setores em franco crescimento e aumento na renda *per capita* (DOSI; NELSON, 2018).

tanto as necessidades a serem atendidas do mercado potencial quanto conhecimentos científicos e tecnológicos⁷.

As inovações de produto e processo, assim, constituem elementos desenvolvidos no âmbito do campo tecnológico. Em todo caso, pode haver barreiras a correta implementação de tais inovações, podendo ser entendidas na ideia de ‘oportunidades tecnológicas’, estas sendo condicionadas por três fatores: conhecimento científico no sentido estrito, o processo de aprendizado associado ao uso recorrente de certa tecnologia e o conjunto de recursos e equipamentos disponíveis (DOSI; NELSON, 2018).

É possível ainda organizar os elementos em comum que correspondem a um conjunto de tecnologias, nos termos de um ‘paradigma tecnológico’. Este pode ser definido como um “‘modelo’ e um ‘padrão’ de solução de problemas tecnológicos *selecionados*, baseado em princípios *selecionados* derivados das ciências naturais e sobre tecnologias materiais *selecionadas*” (DOSI, 1982, p. 152, tradução nossa, grifo do autor). Cimoli, Dosi e Yu (2020) elaboram três características fundamentais desse conceito: um paradigma tecnológico não é apenas uma manifestação visível de certas ideias, como também conhecimentos tácitos; envolve uma heurística sobre as formas adequadas de ação naquele paradigma; e pressupõe um artefato ou modelo básico que serve de marco àquele paradigma, e que é continuamente aprimorado⁸.

Nesse sentido, uma ‘trajetória tecnológica’ é definida como “o padrão ‘normal’ de atividades voltadas a solução de problemas (i.e. do ‘progresso’) fundado em um paradigma tecnológico” (DOSI, 1982, p. 152, tradução nossa). Também Cimoli, Dosi e Yu (2020) elaboram em três pontos as características das trajetórias tecnológicas: paradigmas direcionam a mudança tecnológica, tanto sua velocidade quanto sua direção; padrões podem ser identificados para a mudança tecnológica, os quais são rompidos com

⁷ Sobre o lado da demanda, se por um lado não pode ser exagerado, por outro esse estímulo de demanda pode surgir “de firmas privadas, do governo ou de consumidores domésticos, mas, na sua ausência, por maior que seja o fluxo de invenções, elas não poderão ser convertidas em inovações” (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 346). Sobre o lado da oferta, é preciso ter em mente que invenções tecnicamente viáveis não necessariamente se tornam inovações, isto é, viáveis comercialmente: “Os entusiasmados cientistas-inventores ou engenheiros que negligenciam os requisitos específicos do mercado potencial ou os custos de seus produtos em relação ao mercado têm grande probabilidade de fracassarem como inovadores” (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 349).

⁸ O terceiro elemento, artefato ou modelo básico, remete ao conceito, citado por Dosi e Nelson (2018), de ‘design dominante’, identificando um padrão mais ou menos estreito para seu desenvolvimento futuro, nos termos de uma trajetória tecnológica.

a mudança de paradigma; e mudança técnica é ensejada, em parte, pelos desequilíbrios gerados por ela mesma.

Tais conceitos estarão no pano de fundo deste artigo, e serão retomados na quarta seção. Na discussão que segue, tomaremos três grandes características do progresso tecnológico e inovativo apontadas por Rosenberg (2006b): complementaridade, pequenos melhoramentos e relacionamentos intersetoriais.

A complementaridade tecnológica sinaliza que as vantagens de novas tecnologias dificilmente são verificadas de maneira isolada, pois tanto a introdução de uma inovação pode exigir tecnologias complementares que a possibilitem existir, quanto a exploração de maiores ganhos de produtividade podem depender das mesmas complementaridades (ROSENBERG, 2006b). As barreiras potenciais às inovações, assim, podem ser resumidas:

Antes de os benefícios do aumento na produtividade de qualquer descoberta individual poderem ser realizados, muitas outras acomodações precisam ser feitas. A expansão de uma atividade produtiva se depara com uma série de novas restrições ou gargalos (ROSENBERG, 1972, p. 21, tradução nossa).

Essa primeira característica do progresso tecnológico, tomando Dosi e Nelson (2018), está intimamente associada à ideia de ‘reverso saliente’, correspondendo a uma restrição à inovação em virtude de ausência ou imperfeição em determinados componentes.

A segunda característica diz respeito às inovações poderem ser subdivididas em inovações radicais e inovações incrementais (LIPSEY; CARLAW; BEKAR, 2005). Se usualmente nos preocupamos com as disrupções ocasionadas por revoluções tecnológicas, por outro lado devemos atentar para o papel dos aprimoramentos graduais efetuados sobre as inovações originais (ROSENBERG, 2006b)⁹. Isso pode ser elaborado de maneira mais detida:

[...] os aperfeiçoamentos tecnológicos não penetram a estrutura econômica somente pela entrada principal, como quando assumem a forma extremamente visível de grandes saltos tecnológicos patenteáveis, mas também utilizam inúmeras entradas menos visíveis nos fundos e pelos lados, onde sua chegada

⁹ Para exemplificar esse elemento incremental das inovações, há um estudo feito por John Enos, conforme citado por Rosenberg (2006b, 1972), em que se estimou as reduções anuais médias em custo de quatro processos introduzidos no refino de petróleo (craqueamento térmico, polimerização, craqueamento catalítico e reforma catalítica) cada um dos quais separados em duas fases *alfa* e *beta*, sendo sua introdução inicial e a fase seguinte os aprimoramentos incrementais, constatando reduções de custo de 1,5% e 4,5% respectivamente. Isto é, mais importante do que a inovação inicial, as inovações incrementais é que são as principais responsáveis pela qualidade (e quantidade) superior dos novos produtos e processos.

é discreta, não anunciada, não observada, e não celebrada (ROSENBERG, 2006b, p. 97).

A terceira característica elabora sobre os efeitos inesperados da introdução de novos produtos e processos na economia como um todo. De fato, não apenas as economias externas decorrentes de inovações propiciam ganhos de produtividade para setores diferentes daqueles nos quais foram introduzidas, como também novos tipos de produtos são gerados a partir de reflexos de tecnologias com finalidades a princípio distintas (ROSENBERG, 2006b).

Do ponto de vista econômico, pode-se elencar uma série de questionamentos acerca do progresso técnico e inovações, como seu ritmo¹⁰ e direção¹¹. De fato, pode-se elencar três estágios do progresso tecnológico: invenção, onde uma nova tecnologia é concebida e gerada; inovação, correspondendo a comercialização daquela invenção; e difusão das invenções e inovações (CARLAW; LIPSEY; BEKAR, 2005).

Porém, conforme vamos retomar na quarta seção, a centralidade da ‘difusão’ das inovações indicada por Nathan Rosenberg é fundamental. Pois ao invés de constituir apenas um período em que uma inovação atinge diferentes atividades, setores e agentes, a difusão corresponde também a modificações e incrementos na inovação original¹² (ROSENBERG, 1972).

A discussão feita por Rosenberg (1972) permite identificar sete determinantes da difusão de inovações¹³: a possibilidade de novas tecnologias trazerem imperfeições nos produtos; inovações cumulativas ou incrementais que aprimoram o modelo inicial; incertezas quanto às consequências técnicas e econômicas da adoção da inovação; aptidões necessárias tanto para usar as novas tecnologias quanto para criá-las; processo de aprendizado que propicia inovações incrementais sobre o modelo inicial; componentes e tecnologias complementares para melhor uso da inovação; e aprimoramento das velhas tecnologias.

¹⁰ Para uma revisão de trabalhos e autores acerca de determinantes do ritmo da mudança técnica (como instituições, religião e ciência), ver Rosenberg (2006a).

¹¹ A direção da mudança tecnológica se refere ao tipo de alteração resultante, Malerba (1992) elencando cinco direções: aumento na produtividade de um dado processo; modificações em insumo e materiais; modificações na escala e organização da produção; diferenciação horizontal do produto; e diferenciação vertical do produto.

¹² A fecundidade da ideia de difusão pode ser vista quando Furtado (2016), qualificando a teoria do empresário em Schumpeter, aponta que não é a inovação em si como sua propagação pelo sistema econômico o que explica o desenvolvimento.

¹³ Naturalmente, a depender do caso, tais determinantes podem tanto propiciar quanto impedir a difusão de inovações.

Em particular, ao se tomar os pontos acerca das aptidões exigidas e do papel do aprendizado no decorrer da produção, nota-se uma peculiaridade. Esta peculiaridade é evidenciada por Dowbor (2020) e Johnson (2011) ao se referirem ao deslocamento do eixo produtivo do capitalismo com o crescente predomínio do elemento imaterial nos processos produtivos, ou seja, que o conhecimento estaria se tornando o principal recurso produtivo. Mais além, o conhecimento enquanto fator de produção tem peculiaridade *vis-à-vis* os fatores tangíveis, pois “seus elementos não são escassos no sentido tradicional: *quanto mais as habilidades e competências são utilizadas, mais se desenvolvem*” (LUNDVALL, 2016b, p. 142, tradução nossa, grifo nosso). E o papel do conhecimento para os processos inovativos é ressaltado: “A incorporação dos conhecimentos codificados a bens materiais tem caracterizado o desempenho dramaticamente melhorado de muitos novos bens de capital e de consumo, incluindo muitos novos dispositivos eletrônicos de informação e comunicação” (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 691).

A questão, assim, reside em como entender o novo eixo estruturante das relações produtivas contemporâneas, e como se concatena à problemática das inovações tecnológicas. Mais especificamente, percebe-se que adentramos uma economia do aprendizado, com todas as suas implicações e exigências.

A ECONOMIA DO APRENDIZADO COMO NOVO PARADIGMA

Constata-se que o conhecimento constitui o marco do capitalismo contemporâneo, e a busca de novas formas de apreendê-lo sublinha o salto qualitativo pelo qual passamos. Essa transição das economias contemporâneas é vista no crescimento dos setores intensivos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e trabalhadores de alta qualificação, com ênfase no segundo no tocante a aceleração das mudanças econômicas sofridas (LUNDVALL, 2016b).

Johnson (2011) e Lundvall e Johnson (2016) reforçam que o papel econômico do conhecimento não é exclusivo de nosso tempo, pois outras formas pré-capitalistas de produção já o contemplavam, e o que há de diferença específica do capitalismo contemporâneo reside no grau em que ocorre recorrente necessidade de se adquirir novas aptidões. Esse processo de aprendizado em que certas habilidades são tornadas obsoletas é mais bem explicado:

A principal razão para se favorecer o conceito de economia do aprendizado sobre os regimes econômicos professados como a economia da informação ou a economia do conhecimento é que esclarece que o que mais importa para o

sucesso econômico na economia globalizada moderna é a capacidade dinâmica dos agentes aprenderem novas competências e habilidades e abandonarem as velhas (COTSOMITIS, 2018, p. 494, tradução nossa).

Nesse sentido, indica-se a centralidade do conceito de ‘economia do aprendizado’ no capitalismo contemporâneo. Ele pode ser assim definido:

A economia do aprendizado é um conceito dinâmico; ela envolve a capacidade de aprender e expandir a base de conhecimento. Ela se refere não apenas a importância dos sistemas de ciência e tecnologia — universidades, organizações de pesquisa, departamentos internos de P&D e assim sucessivamente — como também às implicações de aprendizagem da estrutura econômica, das formas organizacionais e do arcabouço institucional (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 111, tradução nossa).

Assim, deve ser enfatizada uma consequência que o processo de aprendizado tem sobre o processo inovativo. Se o aprendizado é marcado pela obtenção de novas capacitações e habilidades, nem por isso o conhecimento seria uma variável estoque, como se novo conhecimento se agregasse ao conhecimento já existente. Pelo contrário, frequentemente o que ocorre é a *recombinação* do conhecimento existente, sendo mais bem visualizado como variável fluxo.

Como resultado, Lundvall e Johnson (2016) introduzem uma versão modificada do conceito schumpeteriano de *destruição criativa* na economia do aprendizado, em que o novo conhecimento apreendido exige e suscita o esquecimento/obsolescência de certos conhecimentos existentes. Esse processo, no entanto, engendra impactos positivos, pois “algum tipo de destruição criativa de conhecimento é necessário de modo a possibilitar que inovações radicais se difundam pela economia” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 119, tradução nossa).

É preciso reforçar ainda que tal abordagem serve como alternativa a economia neoclássica, podendo ser destacados três pontos dentre os elencados por Lundvall (2016a)¹⁴: escassez deixa de ser problema relevante ao considerarmos o conhecimento como fator; competição pode ser complementada por cooperação, estimulando mudança tecnológica; e o aprendizado é socialmente construído. Nesse sentido, o conceito de economia do aprendizado¹⁵ apontaria para duas direções: instrumento heurístico que

¹⁴ Para listagem dos dez pontos que contrastam a economia do aprendizado a neoclássica, ver Lundvall (2016a).

¹⁵ Apesar da notoriedade do aprendizado, a economia do aprendizado contempla três atividades: aprendizado, esquecimento e lembrança (LUNDVALL; JOHNSON, 2016). Isso decorre da necessidade de o conhecimento apreendido necessitar ser frequentemente lembrado, de modo a não ser esquecido.

salienta o papel do conhecimento e sua geração; e indica as transformações recorrentes por que passa o capitalismo (JOHNSON, 2011).

Este segundo ponto é particularmente relevante pois, conforme constata Cotsomitis (2018), a competição característica da economia do aprendizado estimula a redução de custos para o escopo ao invés de apenas para a escala, isto é, se refere a necessidade de se elevar produtividade para conjuntos de bens e serviços de qualidade diferenciada, além de exigir nova governança na forma de redes de firmas cooperativas com estruturas menos hierárquicas de tomada de decisão. De fato, é a complexidade cada vez maior atrelada a natureza sistêmica das tecnologias que engendrou uma mudança no padrão inovativo, transitando dos inventores-empresários do séc. XIX e das grandes unidades produtivas com seus departamentos de P&D no séc. XX para sistemas cooperativos em rede do séc. XXI (FREEMAN; SOETE, 2008).

Apesar de ser possível traçar um escopo mais amplo, Lundvall (2016b) destaca três tipos de processos de aprendizado: aprendizagem pela prática (*learning by doing*), aprendizagem pelo uso (*learning by using*) e aprendizagem pela interação (*learning by interacting*)¹⁶. Cabe salientar que os três tipos de aprendizado indicados têm a ver com processos não deliberados, isto é, aprendizado como consequência da atividade produtiva ou de uso, diferindo dos conhecimentos adquiridos de maneira deliberada e que envolvem treinamento, P&D e pesquisas de mercado (LUNDVALL; JOHNSON, 2016).

A aprendizagem pela prática (*learning by doing*) é um processo de aprendizado construído ao longo do processo de produção, e envolve não apenas a redução de custos unitários como função do número de unidades produzidas¹⁷, como também contempla inovações desenvolvidas com a consolidação da experiência das características daquele processo produtivo (FORAY, 2004; ROSENBERG, 2006c). Ela é característica dos produtores engajados no processo produtivo: “Essa é uma forma de aprendizagem que

¹⁶ Malerba (1992) chega a elencar seis processos, três dos quais mencionados no texto, os outros sendo aprendizagem pela adoção de novos conhecimentos científicos e tecnológicos externos à firma, aprendizagem por *spillover* intersetorial e aprendizagem pela busca (*learning by searching*) com esforço interno de P&D.

¹⁷ Foray (2004) salienta que essa redução paulatina nos custos de produção como decorrência do aprendizado pela prática tem origem no ‘Efeito Horndal’. Este efeito foi descoberto em 1961 quando se notou, em siderurgia de aço em Horndal na Suécia, que ao longo de período de quinze anos houve um aumento na produtividade média do trabalho anual em 2%, mesmo sem que houvesse mudanças técnicas observadas (ROSENBERG, 1972).

ocorre no estágio da produção industrial, depois que o produto foi projetado [...]” (ROSENBERG, 2006c, p. 187).

Já o processo de aprendizagem pelo uso (*learning by using*) ocorre do lado dos usuários dos bens e serviços prestados, onde a experiência consolidada durante o uso propicia conhecimentos adquiridos que possibilita otimizar o uso daquela tecnologia sem ou com modificações pouco relevantes (conhecimento não incorporado) ou mesmo conhecimentos que ensejem modificações relevantes na tecnologia adquirida e experimentada pelo usuário (conhecimento incorporado)¹⁸ (FORAY, 2004; ROSENBERG, 2006c). Considerando estes dois primeiros processos de aprendizado, portanto, é possível dizer que “a economia como um todo, incluindo suas esferas de produção e consumo, está ‘aprendendo pela prática’ e ‘aprendendo pelo uso’” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 110, tradução nossa).

O terceiro tipo de processo de aprendizagem, ou aprendizagem pela interação (*learning by interacting*), decorre da interação entre usuário e produtor. Esta interação é resultado da necessidade, em uma economia capitalista, de os produtores deterem tanto conhecimento técnico quanto conhecimento acerca das necessidades dos usuários em potencial (LUNDVALL, 2016c). Há que se notar com Santos (2005) a dupla acepção desse processo de aprendizagem, o qual pode ocorrer dentro dos departamentos de uma firma ou entre agentes em diferentes etapas do processo produtivo.

Lundvall (2016d) esclarece que essa interação entre usuários e produtores pode se dar de três formas: troca de produtos, troca de informação e cooperação. Destaca-se a relevância das duas últimas formas, uma vez que dizem respeito a um tipo de relação econômica diferenciada da mera intermediação pelo mercado. O que ocorre é a necessidade de usuários e produtores engajarem em troca de informações, por um lado com monitoramento de eventuais inovações e necessidades dos usuários por parte dos produtores em busca de oportunidades, e por outro com o monitoramento dos produtores por parte dos usuários em busca de inovações geradas e resolução de problemas internos, além do engajamento em cooperação estreita entre ambos no sentido de implementarem

¹⁸ Para uma descrição do processo de aprendizagem pelo uso na indústria de aviação, ver também Rosenberg (2006c). Cabe também salientar que o processo mesmo de *learning by using* estimula a difusão das inovações, pois “os melhoramentos incluídos na aprendizagem pelo uso têm um papel importante na decisão de adotar novas tecnologias” (ROSENBERG, 2006c, p. 213).

uma inovação e obtenção de treinamento para uso adequado da inovação¹⁹ (LUNDVALL, 2016d).

Nesse sentido, a economia do aprendizado, e em particular através do conceito de aprendizagem pela interação, permite superar a dicotomia entre as leituras lineares do processo inovativo *technology-push* e *demand-pull*. O contraste entre as leituras lineares com aquela da aprendizagem pela interação é feito por Lundvall (2016d, p. 48, tradução nossa):

As duas abordagens podem ser acusadas de tratarem o sistema de produção como uma caixa-preta. [...] Uma abordagem usuário-produtor pode ser vista como aquela que revela o conteúdo da caixa-preta. A rede de relações usuário-produtor transmite sinais do topo para a base e vice-versa.

Ainda seria possível sublinhar quais formas institucionais constituem barreiras ao processo inovativo. Em um extremo reside o mercado de concorrência perfeita, no qual as decisões econômicas são tomadas em contexto descentralizado amparado pelo movimento dos preços relativos, porém, esse modelo impossibilita a ocorrência tanto de inovação quanto do aprendizado envolvido, uma vez que as informações *qualitativas* necessárias para que usuários e produtores interajam de maneira inovativa não seriam apreendidas (JOHNSON, 2011; LUNDVALL; JOHNSON, 2016; LUNDVALL, 2016c, 2016d).

O extremo oposto está em economia centralizada onde impera a integração vertical das unidades produtivas e usuárias, sendo igualmente hostil ao processo inovativo e de aprendizado, pois a tomada de decisão ocorre em ambiente rígido de estruturas hierárquicas e independentes do sistema de preços (LUNDVALL; JOHNSON, 2016; LUNDVALL, 2016c).

Assim, a economia do aprendizado apontaria para modelos econômicos que evitem extremos centralistas e descentralistas: “A economia de aprendizado nem é uma economia de mercado pura nem uma economia planejada pura; é uma *economia mista* no sentido fundamental do termo” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 119, tradução nossa, grifo nosso).

¹⁹ Colocando de outra forma, a abordagem da relação usuário-produtor, e com ela o aprendizado pela interação, “coloca mais ênfase na *qualidade da demanda* do que na demanda como uma variável quantitativa” (LUNDVALL, 2016c, p. 70, tradução nossa, grifo do autor).

Por economia mista Lundvall (2016c, 2016) e Lundvall e Johnson (2016) entendem economias de mercado dotadas de mecanismos que propiciem a transmissão de informações e cooperação direta entre usuários e produtores, na forma dos ‘mercados organizados’. Estes correspondem a arranjos que combinam os benefícios do mercado puro e da integração vertical pura no contexto da relação entre usuário e produtor, propiciando ambiente favorável às inovações.

A ECONOMIA DO APRENDIZADO NO CONTEXTO DA SOCIEDADE 5.0

As considerações dispostas permitem dizer que a economia do aprendizado, ao repercutir a categoria do aprendizado enquanto processo de construção de conhecimentos, engendra mudanças profundas e recorrentes na estrutura socioeconômica. Tais mudanças são aceleradas no ambiente hodierno da revolução digital, no qual vigoram as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especialização flexível e a exigência de inovações incrementais de caráter contínuo mediante aprendizagem pela interação (LUNDVALL; JOHNSON, 2016).

Focando-se no caso das TICs²⁰, é preciso sublinhar seu papel como tecnologias de propósito geral (TPGs)²¹. As TPGs correspondem, em linhas gerais, a tecnologias que possuem impactos consideráveis sobre o sistema econômico²². Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) salientam que elas correspondem a tecnologias genéricas, podendo ser produtos, processos ou organizações, cuja evolução é endógena, sobremaneira, a forças econômicas, e cuja principal manifestação se dá quanto a mudanças de *uso* e não quanto a natureza tecnológica²³. Pode-se elaborar mais a fundo que as TPGs exigem quatro características para que existam: elevado escopo para seu aprimoramento; elevado

²⁰ As TICs constituem uma extensão das tecnologias da informação, com ênfase no armazenamento e transmissão de dados (ZHONG *et. al.*, 2017). Limbu, Jayachandran e Babin (2014, p. 1237, tradução nossa) citam como TICs “tecnologias de computação e comunicação, plataformas e bases de dados técnicas compartilháveis, tecnologias de redes, mídias de transmissão, e processamento e transmissão de áudio e vídeo”.

²¹ Traduzido do termo *General Purpose Technologies* (GPTs).

²² Jovanovic e Rousseau (2006) citam como exemplos de TPGs o vapor, eletricidade, combustão interna e tecnologias da informação.

²³ Sobre esse ponto da mudança quanto ao uso e não a tecnologia em si, Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) exemplificam com o caso do navio a vapor, cuja TPG embutida é o motor a vapor, o qual, se bem que existindo então há mais de dois séculos, foi apenas inserido em navios muito tempo depois de sua criação.

alcance de uso²⁴; elevada variedade de uso²⁵; e efeito de derramamento (*spillover*) sobre outros setores²⁶ (LIPSEY; CARLAW; BEKAR, 2005).

De maneira imediata, as TICs propiciam a incorporação de conhecimentos codificados em bens, assim como a transmissão desses conhecimentos na forma de informações, porém, os conhecimentos tácitos não deixam de existir pela facilidade em codificá-los, pois novas atividades econômicas propiciadas pelas TICs requerem certas aptidões de difícil articulação/expressão (FREEMAN; SOETE, 2008). O processo de aprendizado pode ser entendido de maneira integrada aos dois tipos de conhecimento:

[...] movimento espiral pelo qual o conhecimento tácito é transformado em conhecimento codificado, seguido por um movimento inverso pelo qual novos tipos de conhecimento tácito são desenvolvidos em íntima interação com as novas parcelas do conhecimento codificado. Esse movimento espiral está na própria essência da aprendizagem individual e organizacional (FREEMAN; SOETE, 2008, p. 692).

É necessário tecer algumas considerações acerca do exposto até aqui. O progresso tecnológico seria a manifestação que toma o processo capitalista, visualizado em sua dimensão de eficiência schumpeteriana, isto é, da recorrente geração de desequilíbrios endógenos à esfera da produção na forma de inovações de produto e inovações de processo. Estas inovações, por sua vez, possuem uma série de interrelações que propiciam uma trajetória de mudança tecnológica potencialmente benéfica a toda a sociedade. Para tanto, é preciso que ocorra não apenas a geração de tais inovações, como também sua *difusão*, alavancando a produtividade e a diferenciação de produtos em diferentes firmas de um mesmo setor bem como em firmas de setores diferentes.

Deve também ser destacado o papel fundamental que cumpre o aprendizado relacionado a produção, uso e interação entre agentes para o processo inovativo, em particular no contexto presente de amplo uso das TICs. Isso porque a economia do aprendizado “se refere em primeiro lugar ao paradigma tecno-econômico relacionado a TIC do período pós-Fordista” (LUNDVALL; JOHNSON, 2016, p. 111, tradução nossa).

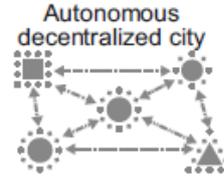
²⁴ Se refere ao número de setores que aplicam de alguma forma tal tecnologia de produto, processo ou organização.

²⁵ Se refere ao número de finalidades/objetivos para as quais pode ser utilizada.

²⁶ Sobre o efeito de *spillover*, Lipsey, Carlaw e Bekar (2005) especificam se tratar de efeito de complementaridade que repercute sobre outros setores, podendo se manifestar em dois tipos de derramamento ou complementaridade: Hicksiana, ou o efeito sobre demanda de outros insumos decorrentes de uma certa tecnologia; e tecnológica, ao ensejar mudanças em tecnologias existentes ou criar oportunidades para novas tecnologias.

Agora, nossa exposição deve visualizar o imenso potencial das TICs para o aprendizado e, com ela, a difusão de conhecimentos e inovações no contexto de uma sociedade digital integrada designada como ‘Sociedade 5.0’. A discussão que segue terá como pano de fundo o Quadro 1, o qual permite identificar por meio do contraste as diferenças específicas da Sociedade 5.0 em relação a suas antecessoras.

Quadro 1 – As Etapas da Evolução Socioeconômica

	Society 1.0	Society 2.0	Society 3.0	Society 4.0	Society 5.0
Society	Hunter-gatherer	Agrarian	Industrial	Information	Super smart
Productive approach	Capture/Gather	Manufacture	Mechanization	ICT	Merging of cyberspace and physical space
Material	Stone • Soil	Metal	Plastic	Semiconductor	Material 5.0*
Transport	Foot	Ox, horse	Motor car, boat, plane	Multimobility	Autonomous driving
Form of settlement	Nomadic, small settlement 	Fortified city 	Linear (industrial) city 	Network city 	Autonomous decentralized city 
City ideals	Viability	Defensiveness	Functionality	Profitability	Humanity

Fonte: Deguchi; Kamimura, 2020, p. xii.

No Quadro 1 é possível visualizar como cada etapa do desenvolvimento social possui correspondências em nível econômico, no tocante a abordagem produtiva, os materiais²⁷ e meios de transporte representativos, bem como a organização civil em termos de interrelações individuais e os valores sustentados por aquela forma social. Conseqüentemente, a evolução de uma forma social para outra é compreendida como a evolução em termos desses cinco eixos.

De certa forma, a evolução da forma social, a partir de certo momento, pode ser entendida como a progressão, ainda que sobrepostas entre si, da sucessão de revoluções

²⁷ O Material 5.0 indicado no Quadro 1, material representativo da Sociedade 5.0, pode ser exemplificado com os nanomateriais.

industriais e tecnológicas²⁸. Para tanto, a discussão de Rojas *et. al.* (2021) nos permite identificar as seguintes fases de desenvolvimento socioeconômico: a Sociedade 1.0 ou nômade corresponde a forma social marcada pela coleta de frutos no geral e caça de animais; a Sociedade 2.0 ou agrícola corresponde aos assentamentos humanos na forma de plantios e algum escambo; a Sociedade 3.0 ou industrial é caracterizada pela produção em massa de bens através de processos mecanizados e/ou automatizados, bem como a diversificação de fontes de energia (a vapor, elétrica e a combustão) e de meios de transporte; na sequência, a Sociedade 4.0 corresponde à dominância da informação em diferentes esferas sociais, e é amparada pelas tecnologias da informação e comunicação (TICs) como microprocessadores e outros componentes eletrônicos integrados, os quais constituem o eixo tecnológico da Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0; por fim, a Sociedade 5.0 representa um salto qualitativo, pois representa uma forma social colaborativa entre diferentes agentes (como governos, universidades e empresas) visando a solução de questões sociais através da integração entre ciberespaço e espaço físico.

A Sociedade 5.0 constitui uma visão para a nova etapa de desenvolvimento social e econômico proposta pelo governo japonês em 2016, em relatório intitulado “5º Plano Básico de Ciência e Tecnologia”²⁹, dispondo diretrizes para a transição a uma sociedade superinteligente na qual desenvolvimento econômico e equacionamento de problemas sociais se complementam, almejando a construção de uma sociedade ‘pessoa-cêntrica’ ou ‘humano-cêntrica’ (DEGUCHI; KAMIMURA, 2020; FUKUDA, 2020; ROJAS *et. al.*, 2021; HUANG *et. al.*, 2022).

Ela pode ser definida da seguinte forma:

O objetivo da Sociedade 5.0 é [a construção de] uma sociedade humano-cêntrica superinteligente para garantir que todos os cidadãos possam ter acesso a vidas de elevada qualidade repletas de conforto e vitalidade ao prover os bens e serviços necessários para pessoas individuais ao nível necessário, quando preciso, através da fusão entre ciberespaço e espaço físico [...] (HUANG *et. al.*, 2022, p. 425, tradução nossa).

²⁸ Essa ideia é resumida por Rojas *et. al.* (2021, p. 3, tradução nossa): “A evolução social foi marcada pela obtenção da liberdade graças a apreensão de tecnologias, habilidades e técnicas diversas. Esses avanços tecnológicos e estruturais, assim como os principais saltos de desenvolvimento feitos pela sociedade, são classificados em revoluções industriais”.

²⁹ Do original “5th Science and Technology Plan”. Os Planos Básicos de Ciência e Tecnologia são responsáveis pela elaboração da estratégia de Ciência e Tecnologia (C&T) do Japão desde 1996, cada qual dispondo as diretrizes a serem atingidas durante o quinquênio ao visar crescimento econômico de ponta sustentado pela C&T (FUKUDA, 2020). No momento em que escrevemos, o governo japonês já está em seu sexto Plano Básico de Ciência e Tecnologia, válido para o período 2021-2024. Para uma descrição dos objetivos de cada Plano Básico de Ciência e Tecnologia até sua quinta versão, ver Fukuda (2020).

O espaço físico é o mundo a partir do qual certos dados são extraídos visando soluções práticas, enquanto o ciberespaço deve ser entendido um ambiente digital no qual ocorre a análise dos dados extraídos do espaço físico³⁰ (DEGUCHI *et. al.*, 2020a). Esse ciberespaço reproduz digitalmente o espaço físico relevante, na forma de um “gêmeo digital” (*digital twin*), levando a melhoras na “eficiência operacional de uma casa inteligente, uma cidade inteligente, e mesmo uma sociedade inteligente, onde os estados em tempo real correspondentes podem ser obtidos para sustentar a otimização da operação” (HUANG *et. al.*, 2022, p. 426, tradução nossa).

É justamente esse o propósito da Sociedade 5.0, qual seja, a fusão entre ciberespaço e espaço físico dentro de todas as esferas e setores da sociedade, “incluindo na energia, transporte, assistência médica, compras, educação, trabalho e lazer” (DEGUCHI *et. al.*, 2020a, p. 2, tradução nossa). Para tanto, tal forma social exige, conforme ressalta Rojas *et. al.* (2021), uma infraestrutura tecnológica de informação e comunicação que engloba redes de sensores que transmitem dados para unidades centrais para análise, ambiente virtual Internet das Coisas (IdC)³¹ que transmite em tempo real dados captados pelos sensores, computação na nuvem, enorme volume de dados estruturados ou não a serem armazenados na forma de *Big Data* e análises complexas dos dados captados para tomada de decisão por meio de Inteligência Artificial (IA)³².

Assim, a Sociedade 5.0 representa uma forma social extremamente complexa caracterizada por tais redes de TICs, propiciando um ambiente mais colaborativo e dinâmico. Nesse sentido, a Sociedade 5.0 é impulsionada tanto pelo conhecimento quanto pelos dados, pois as atividades econômicas características dessa sociedade são conhecimento-intensivas, e dependem da captação de dados que amparem a tomada de decisão automatizada e humana (DEGUCHI *et. al.*, 2020a).

Cabe salientar ainda que o conceito de Sociedade 5.0 surge, de certa forma, como uma qualificação ao conceito de ‘Indústria 4.0’. Este termo foi cunhado em 2011 pelo governo alemão e introduzido no mesmo ano na Feira de Hannover para designar uma estratégia de desenvolvimento econômico voltada a tecnologias de ponta na indústria, na forma de fábricas inteligentes (XU *et. al.*, 2021). Resumidamente, a Indústria 4.0

³⁰ Essa fusão entre ciberespaço e espaço físico também é designada por Deguchi *et. al.* (2020) de *cyber-physical system* (CPS) ou sistema ciber-físico (SCF).

³¹ Traduzido do original *Internet of Things* (IoT).

³² Traduzido do original *Artificial Intelligence* (AI).

corresponde a “interconexão inteligente de máquinas e processos para a indústria baseada no SCF [Sistema Ciber-Físico] – uma tecnologia que além controle inteligente usando sistemas interconectados imbutidos”³³ (XU *et. al.*, 2021, p. 531, tradução nossa).

Apesar de se assemelhar a Indústria 4.0 no tocante ao emprego de tecnologias da informação e comunicação e amparo estatal na obtenção dos objetivos, a Sociedade 5.0 dela se distingue em três sentidos: almeja disseminar o uso de sistemas ciber-físicos por toda a sociedade, não se limitando apenas ao setor industrial; a mensuração de resultados deve contemplar mais do que apenas métricas econômicas estritamente, considerando a variedade de interesses sociais; e se preocupa com os impactos sociais das mudanças tecnológicas³⁴ (DEGUCHI *et. al.*, 2020a). Ainda em contraste com ela, a Sociedade 5.0 propicia aprofundamento de conexões entre pessoas e objetos³⁵, difundindo conhecimentos e informações que geram novas cadeias de relações e valores (POTOČAN; MULEJ; NEDELKO, 2021).

Ao considerarmos o processo inovativo propriamente, a ‘Sociedade 5.0’ opera com o conceito de ‘sustentabilidade’ compreendida em dimensão tripartite: na dimensão econômica a sustentabilidade evoca lucratividade, crescimento, eficiência e viabilidade financeira dos negócios; a dimensão ambiental da sustentabilidade, visando a proteção dos recursos naturais; e a sustentabilidade social, almejando equidade distributiva e em oportunidades, ética e imparcialidade³⁶ (ROJAS *et. al.*, 2021).

³³ Mencionando relatório do Boston Consulting Group, Xu *et. al.* (2021) elencam nove tecnologias características da Indústria 4.0: *Big Data and Analytics*, robôs autônomos, simulação, integração horizontal e vertical de sistemas, Internet das Coisas, cibersegurança, Nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada.

³⁴ Apesar de não constituir objeto deste artigo, devemos apontar que a Sociedade 5.0 se constrói sobre a Quinta Revolução Industrial, na forma da Indústria 5.0, em que esta é também entendida como uma crítica a Indústria 4.0. Tendo sido mencionado na literatura acadêmica desde 2017, foi em 2021 que a Comissão Europeia sublinhou o conceito de ‘Indústria 5.0’, esta sendo entendida como uma crítica interna da Indústria 4.0 em que as tecnologias da informação e comunicação adotadas são reimaginadas e dotadas de valores extraeconômicos, enfatizando o bem-estar social, a sustentabilidade ambiental e a flexibilidade necessária do processo produtivo para atender em tempos de crise (XU *et. al.*, 2021; HUANG *et. al.*, 2022). Para detalhamento sobre o conceito de Indústria 5.0 e como se posiciona ante a Indústria 4.0 e Sociedade 5.0, ver Xu *et. al.* (2021) e Huang *et. al.* (2022).

³⁵ Sendo mais específico, os tipos de conexões propiciadas pelas TICs são extremamente diversificadas nesta sociedade, envolvendo “coisas com outras coisas, pessoas com máquinas, organizações com organizações, pessoas com outras pessoas, a disseminação de conhecimento e desenvolvimento, fornecedores com clientes, grandes organizações com PMEs [pequenas e médias empresas], diferentes campos e indústrias com tecnologias digitais, e diferentes formas de colaboração” (ROJAS *et. al.*, 2021, p. 13, tradução nossa).

³⁶ Sem nos debruçarmos mais a fundo, apenas notaremos que a Sociedade 5.0 pode ser vista como uma forma de alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) elaborados pela Organização das Nações Unidas. Para uma sugestão de como a Sociedade 5.0 pode alcançar os dezessete ODS em dez eixos de ação, ver Keidanren (2018).

A Sociedade 5.0 também opera com definição mais ampla do processo inovativo, passando a considerar inovações não tecnológicas na forma de mudanças organizacionais, inovações sociais e a criação de condições para a inovatividade³⁷ que se concretiza no ciclo invenção-inovação-difusão (POTOČAN; MULEJ; NEDELKO, 2021).

Nesse ponto, devemos concatenar as categorias que vimos explorando até o momento, indicando de que forma a economia do aprendizado até seu ápice no contexto da Sociedade 5.0, nos focando sobre a problemática do processo inovativo. Na discussão que segue, nos apoiaremos sobre um comentário que permite elucidar essa questão:

As comunidades abertas que [são] as plataformas digitais servirão uma função de mercado indispensável no comércio da Sociedade 5.0. Essas plataformas facilitam o comércio ao indicarem informação não-monetária bem como preço monetário. Essa informação empodera compradores para fazerem escolhas informadas sobre o que comprar, e a culminação dessas escolhas de consumidores vai encorajar que negócios desenvolvam produtos e serviços mais criativos para competirem (DEGUCHI *et. al.*, 2020b, p. 123, tradução nossa).

Em primeiro lugar, devemos salientar que a Sociedade 5.0, por operar sobre o paradigma tecnológico das TICs, gera um ambiente altamente propício ao impulso inovativo. Isso não poderia ser diferente, uma vez que as TICs possibilitam execução de uma função fundamental na Sociedade 5.0: “À medida em que a coleta, transmissão, armazenamento e análise de dados em larga escala se torna possível a baixo custo, várias formas de inovação são impulsionadas” (KEIDANREN, 2018, p. 6, tradução nossa).

Isso decorre do fato de as TICs serem TPGs, servindo de base para desenvolvimentos ulteriores em produtos e processos. Entretanto, existe um aspecto das TICs que as tornam excepcionais: ao propiciarem interconexões entre objetos, organizações e pessoas, possibilitam a geração de um sem-número de conhecimentos novos continuamente.

O paradigma das TICs, por sua vez, implica uma trajetória tecnológica de aprendizado, ampliando as oportunidades tecnológicas a um escopo sem precedentes. Isso porque as informações, subsequentemente apreendidas e tornadas conhecimentos, são elemento intangível/imaterial, podendo ser transmitidas de qualquer lugar para qualquer lugar. Com isso, algumas das principais barreiras a difusão de tecnologias é derrubada: aptidões necessárias para executar certas operações ou introduzir determinados produtos ou processos, bem como conhecimento de tecnologias complementares agora são

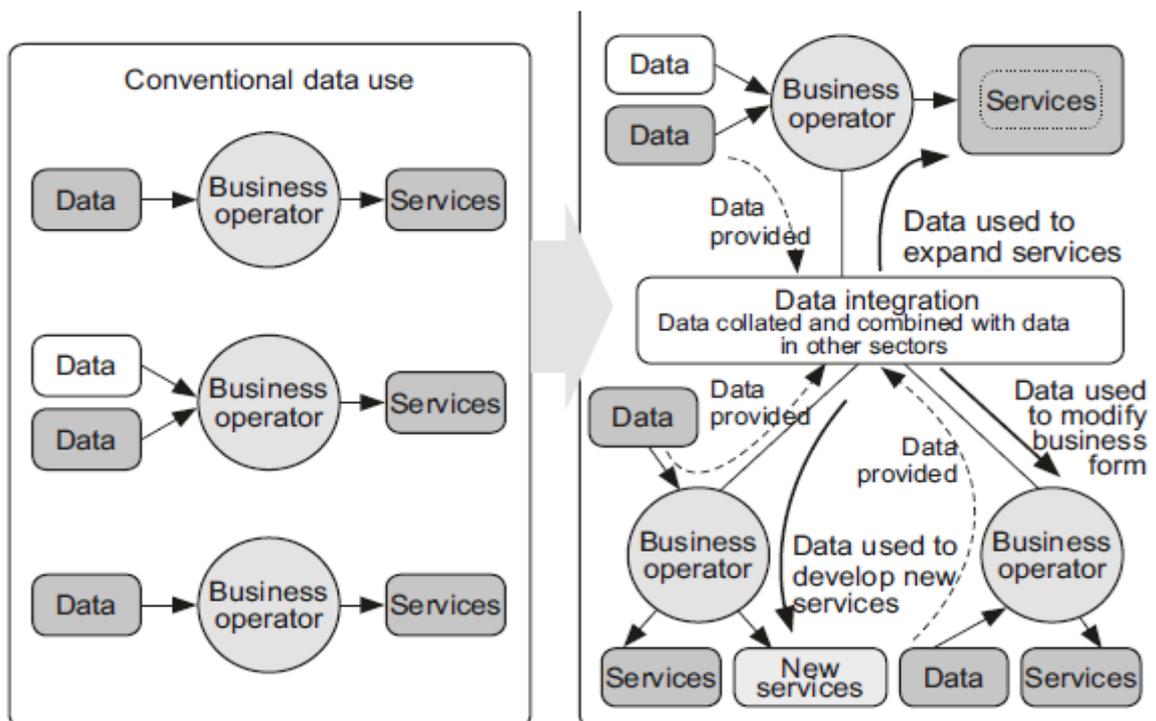
³⁷ Traduzido do original *innovativeness*.

relativamente mais acessíveis, facilitando que inovações radicais ou incrementais sejam adotadas por firmas, organizações e indivíduos em diferentes setores de atuação, para fins pessoais ou não.

Em particular, o processo de aprendizagem pela interação (*learning by interacting*) tem seu potencial intensificado, pois a Sociedade 5.0, com sua infraestrutura em tecnologias da informação e comunicação, assegura maior proximidade entre agentes inovativos, tanto usuários quanto produtores, consolidando uma presença maior de arranjos colaborativos ao lado dos competitivos. Pois essa forma social admite a transmissão de informações e, portanto, obtenção de conhecimentos a custo baixo ou nulo, tornando as relações entre usuário e produtor consideravelmente mais férteis e o sistema de preços relativamente menos importante para fins de coordenação econômica, modificando o contexto no qual se verifica a eficiência schumpeteriana³⁸.

Pode-se constatar o modo como a Sociedade 5.0 propiciará tal ambiente inovativo a partir da troca de dados na Figura 1.

Figura 1 - Formas Alternativas de Utilização de Dados



Fonte: Deguchi; Karasawa, 2020, p. 170.

³⁸ Um interessante aspecto das inovações que foi salientado por Rosenberg (2006a) reside no fato de o progresso tecnológico ser um produto social e não de indivíduos singulares, percepção esta que ele atribui a Marx em contraste a leitura de Schumpeter.

Uma transição para a Sociedade 5.0 significa também essa mudança na forma de utilização dos dados por parte das firmas, pois tais dados (relacionados aos consumidores e condições de mercado) passarão de arranjos com uso próprio por cada firma individualmente para arranjos onde tais dados poderão ser compartilhados (DEGUCHI; KARASAWA, 2020).

Assim, podemos interpretar o uso de dados na Sociedade 5.0, da Figura 1, em torno do eixo do aprendizado pela interação (*learning by interacting*). Uma vez que os dados que amparam os processos de produção e oferta de bens e serviços deixam de ser exclusivamente apropriados por firmas particulares, arranjos colaborativos com a interação entre diferentes firmas é propiciado, e o potencial inovativo intensificado. Os problemas técnicos e econômicos com que se deparariam firmas, que exigem processos dispendiosos para resolução, podem ser sanados mediante interações com firmas que já tenham encontrado soluções: “Quando todos esses dados são agrupados e combinados, certamente gerará sinergias de negócios que as empresas individuais teriam de outro modo perdido” (DEGUCHI; KARASAWA, 2020, p. 169, tradução nossa).

Uma interessante consequência das mudanças a serem observadas na Sociedade 5.0 reside na crescente importância da customização em massa em detrimento da produção em massa. Uma vez que a introdução sistemática de TICs propicia maior interatividade entre usuários e produtores, e considerando ainda o amplo emprego de sistemas ciber-físicos complementados por análises de ciência de dados, os usuários ou consumidores passarão a ter suas necessidades mais facilmente transmitidas e satisfeitas mediante adequação das estruturas produtivas a seus anseios, inclusive no tocante a certas modificações desejadas na qualidade dos bens e serviços.

Em suma, essa nova fase do capitalismo, entendida fundamentalmente nos termos de uma economia mista em que vigoram mercados organizados, inaugurará não apenas uma repetição do padrão de elevação do bem-estar no sentido original, isto é, um simples aumento no número e qualidade dos bens e serviços ofertados. Se trata de uma etapa de desenvolvimento no sentido mais amplo do termo, em que a relação usuário-produtor, intensificada pelos valores pessoa-cêntricos imanentes a essa nova forma social, suscita a adoção e difusão de inovações inclusive de cunho social, visando o equacionamento de problemas não imediatamente sensíveis ao estímulo pecuniário e elevando a qualidade de vida da pessoa média.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa discussão permitiu visualizar o modo como o progresso tecnológico constitui o modo como operam as economias capitalistas, nos termos da eficiência schumpeteriana. Para tanto, trabalhamos com os conceitos de paradigma tecnológico e trajetória tecnológica para entendermos as consequências da introdução de inovações de produto e processo, radicais ou incrementais, destacando a função cumprida pelo processo de difusão.

O conceito de economia do aprendizado, por sua vez, esboçou a importância dos processos de aprendizagem pela prática, pelo uso e pela interação para a geração de inovações, quer seja pelo lado do produtor, ou do usuário, ou mesmo da cooperação entre usuário e produtor. Também foi visto que o aprendizado possui sua contraparte no esquecimento ou obsolescência de certos tipos de conhecimento, cuja dinâmica é entendida na ideia de destruição criativa.

O aprendizado enquanto pré-condição dos processos inovativos evocou o papel do conhecimento enquanto fator produtivo, o qual toma importância expressiva no âmbito da denominada Sociedade 5.0, conceito japonês que almeja a disseminação do paradigma tecnológico associado às TICs em diversas esferas sociais e setores, e realizado por meio dos sistemas ciber-físicos. A revolução digital que impulsiona o surgimento da Sociedade 5.0 é reconhecidamente um salto qualitativo no emprego das tecnologias digitais em torno das TICs, em termos da ótica social embutida, diferenciando-se da abordagem alemã da Indústria 4.0.

Em todo caso, ao criar ambientes favoráveis ao processo de aprendizado e, conseqüentemente, ao processo inovativo, a Sociedade 5.0 amplifica e intensifica as oportunidades tecnológicas em potencial ao propiciar maior difusão de conhecimentos e tecnologias, dando ênfase no seu impacto extraeconômico.

No entanto, deve-se reconhecer algumas limitações do presente trabalho que poderiam ser exploradas em investigações futuras. A Sociedade 5.0 é construída sobre a Indústria 5.0, e não nos debruçamos mais detalhadamente sobre o conceito e como se posiciona com relação a sua precursora, a Indústria 4.0. Tampouco chegamos a nos aprofundar sobre o papel das políticas tecnológicas e dos governos nacionais na construção dessa Sociedade 5.0, algo que poderia ser abordado pela ótica do Sistema Nacional de Inovação. Também o processo de difusão que, argumentamos, é central para

compreender o potencial inovativo da Sociedade 5.0, deve ser estudado considerando certas restrições institucionais na forma de regimes de propriedade intelectual que impedem a difusão de conhecimentos, portanto atenuando os processos inovativos possíveis. A compreensão dos problemas relacionados à propriedade intelectual, portanto, é fundamental para atingir os objetivos da Sociedade 5.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; YU, Xiaodan. Industrial policies, patterns of learning, and development: an evolutionary perspective. *In: OQUBAY, Arkebe et al. **The Oxford Handbook of Industrial Policy***. Oxford: Oxford University Press, 2020.

COTSOMITIS, John A. Is the learning economy a viable concept for understanding the modern economy?. **International Journal of Social Economics**, v. 45, n. 3, p. 492-507, 2018.

DEGUCHI, Atsushi; KAMIMURA, Osamu. Introduction. *In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0***. Cingapura: Springer Singapore, 2020.

DEGUCHI, Atsushi *et. al.* What Is Society 5.0?. *In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0***. Cingapura: Springer Singapore, 2020a.

DEGUCHI, Atsushi *et. al.* From Monetary to Nonmonetary Society. *In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0***. Cingapura: Springer Singapore, 2020b.

DEGUCHI, Atsushi; KARASAWA, Kaori. Issues and Outlook. *In: HITACHI-UTOKYO LABORATORY. **Society 5.0***. Cingapura: Springer Singapore, 2020.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, p. 147-162, 1982.

DOSI, Giovanni; NELSON, Richard. Technological advance as an evolutionary process. *In: NELSON, Richard. **Modern Evolutionary Economics: An Overview***. Cambridge: Cambridge, University Press, 2018.

DOWBOR, Ladislau. **O capitalismo se desloca: novas arquiteturas sociais**. São Paulo: Editoras Sesc São Paulo, 2020.

FORAY, Dominique. **Economics of knowledge**. Cambridge: The MIT Press, 2004.

FUKUDA, Kayano. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. **International Journal of Production Economics**, v. 220, p. 1-14, 2020.

FURTADO, Celso. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

HUANG, Sihan *et. al.* Industry 5.0 and Society 5.0 — Comparison, complementation and co-evolution. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 64, p. 424-428, 2022.

JOHNSON, Björn. From user-producer relations to the learning economy. **Science and Public Policy**, v. 38, n. 9, p. 703-711, 2011.

KEIDANREN. Society 5.0 – Co-creating the Future. Tokyo: Keidanren, 2018.

LIMBU, Yam B.; JAYACHANDRAN, C.; BABIN, Barry J. Does information and communication technology improve job satisfaction? The moderating role of sales technology orientation. **Industrial Marketing Management**, v. 43, p. 1236-1245, 2014.

LIPSEY, Richard G.; CARLAW, Kenneth I.; BEKAR, Clifford T. **Economic transformations: General Purpose Technologies and long-term economic growth**. New York: Oxford University Press, 2005.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Contributions to the Learning Economy: Overview and Context. *In*: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016a.

LUNDVALL, Bengt-Åke. From the Economics of Knowledge to the Learning Economy. *In*: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016b.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National Systems of Innovation. *In*: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016c.

LUNDVALL, Bengt-Åke. Product Innovation and User-Producer Interaction. *In*: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016d.

LUNDVALL, Bengt-Åke; JOHNSON, Björn. The Learning Economy. *In*: LUNDVALL, Bengt-Åke. **The Learning Economy and the Economics of Hope**. New York: Anthem Press, 2016.

MALERBA, Franco. Learning by firms and incremental technical change. **The Economic Journal**, v. 102, n. 413, p. 845-859, 1992.

MARTINS, Marcilene. **Desenvolvimentismo**: o conceito, as bases teóricas e as políticas. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2015.

POTOČAN, Vojko; MULEJ, Matjaž; NEDELKO, Zlatko. Society 5.0: balancing of Industry 4.0, economic advancement and social problems. **Kybernetes**, v. 50, n. 3, p. 794-811, 2021.

ROJAS, Carolina Narvaez *et. al.* Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. **Sustainability**, v. 13, p. 1-16, 2021.

ROSENBERG, Nathan. Factors affecting the diffusion of technology. **Explorations in Economic History**, v. 10, n. 1, p. 3-33, 1972.

ROSENBERG, Nathan. A historiografia do progresso técnico. *In*: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. Campinas: Editora da Unicamp, 2006a.

ROSENBERG, Nathan. Interdependências tecnológicas na economia americana. *In*: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. Campinas: Editora da Unicamp, 2006b.

ROSENBERG, Nathan. O Aprendizado pelo Uso. *In*: ROSENBERG, Nathan. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. Campinas: Editora da Unicamp, 2006c.

SANTOS, Rodolfo Torres dos. Cooperação em cadeias produtivas: um debate entre a economia dos custos de transação e a economia do aprendizado. **Revista de Economia**, v. 31, n. 1, p. 83-106, 2005.

XU, Xun *et. al.* Industry 4.0 and Industry 5.0 — Inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530-535, 2021.

ZHONG, Ray Y. *et. al.* Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, v. 3, p. 616-630, 2017.