

Capitalismo pós-www: uma discussão introdutória sobre uma nova fase na economia global²

1. Introdução

Metamorfoses do capitalismo (FURTADO, 2002) constituem uma característica de longo prazo da economia moderna. Revoluções tecnológicas estão na origem de novas fases do capitalismo (KONDRATIEV, [1926] 1998; SCHUMPETER, [1939] 1989; [1942] 1984). Este artigo conjectura que a invenção da *world.wide.web* (www) em 1991 (BERNERS-LEE; FISCHETTI, 2000; GILLIES; CAILLIAU, 2000; GREENSTEIN, 2015, p. 103-106) sinaliza um evento decisivo para a abertura de uma nova fase no capitalismo global.

A invenção da www abre uma nova fase na história da internet (GREENSTEIN, 2015), que, por sua vez, inaugurou uma nova fase na história da computação eletrônica (CHANDLER JR., 2001). A invenção da www pode estar por trás de uma nova fase da economia global porque ela tem um impacto similar ao de outras invenções radicais, como a mecanização da indústria têxtil, a máquina a vapor, a eletricidade, o

1. Centro de Desenvolvimento e Planejamento da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar-UFMG).
2. A apresentação de um roteiro preliminar deste texto no Quarto Congresso do Centro Celso Furtado (Rio de Janeiro, dia 10 de agosto de 2018) e os comentários, críticas e sugestões então recebidos enriqueceram esta versão. Agradeço o apoio de José Carlos Miranda e Tiago Guedes de Camargo (bolsistas de IC). Agradeço aos alunos das disciplinas Microeconomia Evolucionária (ECN956, primeiro semestre de 2018) e Microeconomia IV (ECN212 TC, segundo semestre de 2018) que discutiram elementos de uma "microeconomia da era Google", com comentários e observações que estimularam essa elaboração. A pesquisa é apoiada pelo Conselho Nacional e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processos 302857/2015-0 e 401054/2016-0) e pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Senai (Ordem de Serviço 510000011, Projeto IPEAD 159), cujo Relatório Final - Tecnologias emergentes e cenários tecnológicos para o Brasil - foi um dos pontos de partida para a apresentação de 10 de agosto de 2018. Os erros são responsabilidade exclusiva do autor.

motor a combustão e o microprocessador, invenções que foram caracterizadas por Carlota Perez (2010, p. 190) como desencadeadoras de *big bangs* na dinâmica tecnológica. A definição de fases no capitalismo mundial não é destituída de controvérsias e polêmicas, certamente necessitando de abordagens multifacetadas para a sua caracterização (ALBRITTON *et al.*, 2000). Crises são demarcadoras de mudanças institucionais profundas que alteram estruturas da economia global – as crises de 2000 e de 2007-2008 caracterizariam pontos decisivos em um conjunto amplo de mudanças (TOOZE, 2018).

Desde a crise de 2007-2008 diversas elaborações têm sugerido a emergência de uma nova fase no capitalismo global, o que pode ser uma evidência empírica das profundas mudanças em curso. Uma lista bastante sumária contém referências a uma terceira revolução industrial (RIFKIN, 2011), a uma segunda era das máquinas (BRYNJOLFSON; MCAFEE, 2014), a uma economia de compartilhamento e custo marginal zero (RIFKIN, 2014), a uma fase pós-capitalista (MASON, 2015), a uma quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016) ou a um capitalismo de plataformas (SRNICEK, 2017).

Organizado em torno da conjectura sobre a www como o *big bang* de uma nova fase do capitalismo global, apresentada nesta primeira seção, este artigo busca investigar evidências sobre a natureza da www, assim como os seus impactos mais gerais sobre a economia global. Na segunda seção, a literatura sobre revoluções tecnológicas e *general purpose technologies* (GPTs) é resenhada para contextualizar a www. A terceira seção investiga as tecnologias que abrem espaço para a invenção da www, rastreando trajetórias na indústria da computação e nas redes de computadores que se construíram desde os anos 1970, e as tecnologias que emergiram após a consolidação da www. A quarta seção, apoiada em uma visão do capitalismo moderno como um sistema complexo, avalia como a www constituiu uma nova camada na estrutura da economia mundial, abrindo um novo continente para a acumulação de capital. A quinta seção explora a articulação entre a nova fase aberta pela www e a emergência de um conjunto de novas tecnologias, com potencial para transformar outros aspectos da dinâmica científica e tecnológica. A sexta seção articula a emergência da www com outras mudanças estruturais. Finalmente, a seção conclusiva explora novos desafios e novas oportunidades abertas pela www.

2. Revoluções tecnológicas, *big bangs* e GPTs

A relação entre inovação tecnológica e desenvolvimento está sumarizada em Schumpeter ([1911] 1982, especialmente o capítulo 2), intermediada por uma associação direta entre a introdução de inovações e a busca de lucro. Kondratiev ([1926] 1998) explorou a relação entre inovações tecnológicas mais importantes e a abertura de novas eras na economia capitalista, articuladas com ciclos econômicos de longa duração. Schumpeter ([1939] 1989) organiza a literatura disponível sobre ciclos e incorpora os “ciclos de Kondratiev” como ondas longas do desenvolvimento capitalista, o que também é uma proposta de periodização do sistema econômico. Na base de cada nova onda longa, Schumpeter identifica uma inovação radical, cujos efeitos se espraiam pelo conjunto da economia com o tempo, alterando toda a sua estrutura: aparecimento de novos setores, novas firmas, novas formas organizacionais, novas instituições para lidar com as novas tecnologias. Freeman e Louçã (2001, p. 141) revisitam toda a literatura sobre o tema, identificam cinco diferentes fases no capitalismo moderno, associadas a cinco diferentes revoluções tecnológicas.

Freeman e Louçã (2001, p. 150) sugerem cautela com a “metáfora” das ondas longas, pois ela poderia sugerir mais fluidez e regularidade do que existe de fato no sistema capitalista. Desenvolvimentos teóricos paralelos, em torno do conceito de GPTs (BRESNAHAN; TRAJTENBERG, 1995; ROSENBERG, 1998) enriquecem a elaboração sobre a dinâmica tecnológica de longo prazo, ao contribuir para uma visão mais próxima do caráter turbulento e não-linear do progresso tecnológico. Em um estudo utilizando série estatística da taxa de lucro nos Estados Unidos (entre 1870 e 2010) e técnicas de estudo de sistemas complexos, Ribeiro *et al.* (2017) encontraram essa dinâmica mais turbulenta, com uma combinação de movimentos cíclicos que se superpõem, com as periodicidades mais importantes em 25, 20 e 35 anos, talvez relacionadas à superposição de diferentes GPTs.

A importância de inovações radicais ou de GPTs na dinâmica tecnológica e econômica de longo prazo tem sido reforçada ao longo do tempo. E a polêmica acadêmica pode se relacionar mais com a natureza cíclica desses eventos e com a forma específica de sua difusão pela economia. A profusão de trabalhos – mencionada na introdução deste artigo – sobre novas revoluções industriais é uma expressão desse consenso implícito, com a polêmica se localizando em qual é a inovação mais importante.

Não é simples a tarefa de explorar revoluções tecnológicas emergentes, em especial dada a enorme incerteza em relação a certas inovações tecnológicas em geral e inovações tecnológicas radicais em especial (ROSENBERG, 1996). Mas o esforço de sistematização de processos já transcorridos contribui para evitar impressionismos e para evitar subestimação de mudanças em curso. Nesse aspecto particular, Perez (2010, p. 189) discute o papel de conjunto de tecnologias que deflagram revoluções tecnológicas: “[...] *it is possible to identify five such systems of systems since the initial ‘Industrial Revolution’ in England. Each can be seen as inaugurated by an important technological breakthrough acting as the big-bang that opens a new universe of opportunity for profitable innovation*”. Com esse tópico incluído, Perez (2010, p. 190) apresenta as cinco revoluções tecnológicas sucessivas desde os anos 1770. Destaca-se nesse esquema uma importante defasagem entre a inovação que representa o *big bang* e o início efetivo do novo paradigma técnico-econômico: por exemplo, o *big bang* da quinta revolução tecnológica ocorreu em 1971 – a invenção do microprocessador pela Intel (PEREZ, 2010, p. 190) –, mas essa nova fase teria se iniciado no início dos anos 1990 (FREEMAN; LOUÇÃ, 2001, p. 141).

3. A www na origem de uma nova revolução tecnológica

A invenção da www em 1991 é uma forte candidata à posição de uma inovação radical, também uma GPT, que representa o *big bang* de uma nova fase – seria a sexta revolução tecnológica –, para acompanhar o esquema das cinco revoluções sucessivas descritas por Freeman e Louçã (2001, p. 141) e por Perez (2010, p. 190).

A invenção da www é decorrência do estado de construção de sistemas de inovação nos países mais avançados e, inclusive, de elementos rudimentares de um emergente sistema internacional de inovação – a instituição na qual a www foi inventada é internacional, o Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - Cern (GILLIES; CAILLIAU, 2000, p. 48-51). Pressupostos para a invenção da www foram a existência de um conjunto de universidades com capacitação científica e tecnológica em diversas áreas, especialmente ciências da computação, a existência de firmas com produtos e departamentos de P&D capazes de atender a uma demanda em cons-

trução sobre redes e sobre conectividade, a existência de milhares de profissionais capazes de implementar o funcionamento da rede em construção e impulsionar o gigantesco processo com vários momentos de invenção coletiva descrito por Greenstein (2015, p. 23, 405).

Em termos de uma discussão alinhada com ciclos de vida da indústria (KLEPPER, 1997) e evolução industrial (MALERBA; ORSENIGO, 1996), a invenção da *www* dependeu de um conjunto amplo de inovações anteriores na indústria de computadores. Grosso modo, a *www* é resultado de uma ampla gama de novos produtos e processos gerados a partir da emergência da computação eletrônica, iniciada com o computador ENIAC em 1946 (MALERBA; ORSENIGO, 1996, p. 68), passando por diversas fases entre o início da indústria de computadores comercial (início dos anos 1950, com a entrada da Remington Rand e da IBM na nova indústria) e a era atual. Chandler Jr. (1997), por exemplo, lista quatro períodos distintos nessa evolução industrial: transição da produção com finalidade militar para a produção comercial; o domínio do sistema IBM 360; a revolução do microcomputador e uma “possível era” de redes multi-computadores (p. 38-40). Chandler Jr. (2001, p. 168) acrescenta em seu capítulo sobre a revolução do microprocessador uma seção sobre “*software: networking*”, na qual descreve a invenção da *www* (p. 173). A combinação entre diferentes GPTs que se superpõem pode ser identificada na combinação nas mudanças na indústria de computadores com as mudanças na indústria de semicondutores (MALERBA; ORSENIGO, 1996, p. 74-76).

A partir da difusão do uso de computadores ao longo das diversas fases descritas por Chandler Jr. emerge uma sistemática preocupação e demanda sobre como conectar diferentes computadores e seus usuários. O conjunto desse processo está descrito por Greenstein (2015), com três fases iniciais. Primeiro, o projeto de operar computadores em rede foi apoiado pela Darpa (p. 22-27): “[...] *the internet developed slowly throughout the 1970s and the 1980s and accumulated capabilities over time from an enormous number of contributors*” (p. 23). Segundo o autor, cinco grupos diferentes tiveram um papel importante: Department of Defense (DoD), National Science Foundation (NSF), programadores/desenvolvedores/inventores, administradores e usuários de aplicações – *application users* (p. 23-24). Posteriormente, houve uma era com a rede sob a administração da NSF (p. 27-30). Finalmente, uma era que se inicia com a privatização do *backbone* da internet – a partir de 1995 (p. 32).

É nesse contexto que, entre 1989 e 1991, um cientista da computação institucionalmente localizado no Cern, Tim Berners-Lee, desenvolve o software que sustenta a http e a www (GREENSTEIN, 2015, p. 102-104).³ A invenção da www permite uma utilização da internet muito mais intensa e mais ampla, uma pré-condição para a transformação comercial da internet. Entre 1991 e 2018, o número de websites passou de 1 para 1,5 bilhão (possivelmente 200 milhões ativos hoje).⁴

A invenção da www tem características de uma inovação radical, na origem de um *big bang* de uma nova revolução tecnológica, pelo enorme impacto causado em inúmeros setores da atividade econômica. O crescimento da rede em si exige novos tipos de computadores – servidores, roteadores –, a ampliação do tráfego na rede multiplica possibilidades de usos e de invenções, novas mercadorias, novas invenções e novas firmas surgem para atender novas demandas.

O crescimento do número de websites viabilizados pela www criou um problema novo: como encontrar na rede em expansão, que rapidamente assumiria proporções gigantescas, as informações específicas procuradas por usuários individuais ou corporativos. Essa necessidade levou a outra invenção importante: o *browser* Mosaic, inventado em 1992 na Universidade de Illinois (GREENSTEIN, 2015, p. 97). A invenção e difusão da www amplia consideravelmente as possibilidades de uso por consumidores não-especialistas (p. 223), a invenção dos *browsers* abre um mercado de acesso à internet (p. 143) e ilustra a possibilidade de criação de valor (p. 179).

Greenstein (2015, p. 163) identifica a origem da *web* comercial na IPO da Netscape em 9 de agosto de 1995. A cadeia de eventos se acelera, com uma nova empresa (Netscape), mudança de estratégia de duas empresas estabelecidas – Microsoft reconhece o potencial econômico da internet (p. 304) e a IBM inicia uma reconfiguração para se ajustar à internet (p. 277). A bolha da dot.com é associada pelo autor a essas promessas (p. 335-364) e alimenta muita experimentação e criação de empresas. Entre as empresas novas que recebem apoio de *venture capital* está a Google, empresa criada a partir de um algoritmo para buscas em um www que, naquele ano, em 1998, tinha cerca de 2 milhões de *websites* – uma empresa que focaliza a nova mercadoria criada nessa nova era: buscas na internet.

3. Ver também <<https://home.cern/science/computing/birth-web>>.

4. Segundo o site <<http://www.internetlivestats.com/total-number-of-websites/>>.

Essa nova mercadoria – busca na internet – tem características muito especiais, que estão analisadas nas elaborações sobre *two-sided markets* (ROCHET; TIROLE, 2003; RYSMAN, 2009). A comercialização dessa mercadoria envolve uma relação entre os usuários da *www*, por um lado, e os anunciantes, por outro, o que determinou uma transformação profunda no mercado de propaganda, no qual os gastos na *www* ultrapassaram o total investido nos meios tradicionais e com novas empresas capturando a massa desses gastos, a Google em primeiro lugar. Há aqui um conjunto de inovações relativas à forma como a Google precifica os seus anúncios, através da utilização de técnicas de leilão (VARIAN, 2010, p. 4; GREENSTEIN, 2015, p. 378-386). O resultado é essa reversão da estrutura do mercado de propaganda, no qual 43,5% da propaganda é gasta com meios digitais e 60% do gasto *online* é capturado pela Google e pelo Facebook (THE ECONOMIST, 30 jun. 2018, p. 6).⁵

A estrutura da mercadoria básica na era da *www* – a busca – custeada por gastos de propaganda estabelece uma dinâmica também específica para empresas detentoras de mecanismos de busca (*search engines*), pois conforme avalia o *The Economist* (30 jun. 2018, p. 6), “[...] *that choice ment that they have to collect ever more data about their users. The more information they have, the better they can target their ads and more they can charge for them*”. As implicações dessa dinâmica são enormes, pois “*Facebook may have started as a social network, Google as a search engine, Microsoft as a maker of operating systems and other software. But today they all deal in data, not least to target advertisements*” (p. 10).

A expansão da *www* associa-se com uma enorme expansão no uso de computadores (*desktops* e *notebooks*): 1 bilhão em 2008, 2 bilhões em 2015.⁶ Inovações paralelas com o desenvolvimento de smartphones abriu outra área de expansão da *www*, com a inclusão de 3 bilhões de aparelhos em 2018.⁷

Um enorme desenvolvimento da infraestrutura de informação, pressuposto e consequência da emergência da *www*, reorganiza o conjunto da economia mundial, talvez

5. O gasto global com propaganda em 2018 alcançou US\$ 557,99 bilhões (<<https://www.statista.com/statistics/236943/global-advertising-spending/>>). Desse total, 43,5% teria sido destinado a meios digitais – estima-se que em 2020 o gasto com meios digitais alcançará 50% do total (<<https://www.emarketer.com/content/global-ad-spending/>>). Para uma comparação com a estrutura do mercado de propaganda antes da emergência da *www*, ver Scherer e Ross (1990, capítulo 16)

6. Cf.: <<http://www.worldometers.info/computers/>>.

7. Cf.: <https://venturebeat.com/2018/09/11/newzoo-smartphone-users-will-top-3-billion-in-2018-hit-3-8-billion-by-2021/>>. Em 2018 o tráfego nos websites através de smartphones alcançou 52,2% do total (<<https://www.statista.com/statistics/241462/global-mobile-phone-website-traffic-share/>>).

ilustrada de forma bastante didática pelo número total de usuários da www – 3,9 bilhões –⁸ e pelo total de buscas na www – apenas o buscador Google em 2012 realizava 100 bilhões de buscas por mês, totalizando 1,2 trilhão naquele ano.⁹

O resultado da invenção da www e da cadeia de eventos – inovações complementares, efeitos para a frente e para trás nas cadeias industriais e econômicas – por ela desencadeada é o estabelecimento de uma nova estrutura na economia mundial, uma nova camada para o processo econômico.

4. Uma nova estrutura na economia global: acumulação de capital na esfera digital

Essa nova camada, essa nova estrutura na economia mundial – ilustrada pela www e pelo 1,2 trilhão de buscas realizadas em 2012 – pode ser analisada à luz da análise de sistemas complexos, pois a economia capitalista moderna é um sistema complexo (Ribeiro *et al.*, 2017). A emergência e consolidação da www representa a adição de mais uma estrutura na economia mundial, que implica o crescimento da complicação no sistema, que pode estar gerando variações no nível de auto-organização e de complexidade.

Essa nova camada, essa nova estrutura, tem sido identificada de diversas formas por diversas instituições e autores. A Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2017) menciona uma “economia digital”, Varian (2014, p. 686) menciona a emergência de uma “economia da informação”. Essas outras referências expressariam, em outros termos, a consolidação dessa nova camada, de certa forma contribuindo para legitimar a análise aqui desenvolvida.

Como essa nova camada altera a dinâmica global do sistema?

Em primeiro lugar, essa nova camada é uma fonte para a acumulação de capital. A exploração da nova mercadoria – buscas na www, classificada na lista da United Nations Standard Products and Services Code® (UNSPSC) como “*Information retrieval or search software*” (commodity code 43232309) – e o desenvolvimen-

8. Cf.: <<https://www.statista.com/statistics/273018/number-of-internet-users-worldwide/>>.

9. Cf.: <<http://www.internetlivestats.com/google-search-statistics/>>.

to de mecanismos de busca viabilizaram a fundação, crescimento, consolidação e diversificação de empresas como a Google. Fundada em 1998, em 2005 estava na lista das Fortune 500 (posição 541)¹⁰ e em 2009 entra na Fortune Global 500 (posição 423).¹¹ Em 2018, a Alphabet ocupava a 52ª posição nesta lista. Outras empresas estruturadas na *www* também estão nesta lista: Amazon (na 11ª posição), Facebook (274ª posição), JD.com (261ª posição), Alibaba (300ª posição) e Tencent (331ª posição).¹²

Em segundo lugar, a emergência da *www* desafiou empresas estabelecidas, mesmo atuando na indústria de computadores, como a IBM e a Microsoft, que foram forçadas a investirem em reorganização interna e em estratégias específicas para a entrada nessa nova camada da economia global. Como a reestruturação da IBM indica, nenhuma empresa pode ficar imune à emergência da *www*, e o atendimento à enorme demanda de reestruturação de empresas estabelecidas para o aproveitamento da *www* foi o centro da nova estratégia da IBM (GREENSTEIN, 2015, p. 272-282).

Em terceiro lugar, a consolidação da *www* depende de importantes investimentos em computadores, *datacenters*, servidores e outros aparelhos que ampliam a rede como *smartphones*, equipamento de telecomunicação (*wi-fi*, por exemplo). Um esforço para mapear esse tipo de investimento é uma forma de investigar os poderosos efeitos de encadeamento que a consolidação e ampliação da *www* determina, pois há uma base industrial para a rede mundial.

O tamanho dos centros de dados das principais empresas que atuam na *www* é objeto de pesquisa próprio. É possível captar informações dispersas e muitas vezes contraditórias sobre a dimensão desses centros. Estima-se que a Microsoft teria mais de 1 milhão de servidores,¹³ a Google cerca de 900 mil servidores,¹⁴ o Yahoo mais de 100 mil servidores, Facebook com centenas de milhares de servidores.¹⁵ A Amazon

10. Cf.: <http://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune500_archive/companies/2005/G.html>.

11. Cf.: <<http://fortune.com/global500/2009/>>.

12. Cf.: <<http://fortune.com/global500/2018/>>.

13. Cf.: <<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2009/05/14/whos-got-the-most-web-servers/>>.

14. Dados disponíveis em: <<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2011/08/01/report-google-uses-about-900000-servers/>>. Há informações da entrada da Google na produção de servidores (<https://www.wired.com/2012/06/google_makes_servers/>).

15. Outra informação sobre Facebook Cf.: <<http://www.datacenterknowledge.com/data-center-faqs/facebook-data-center-faq-page-2/>>.

também possui um *datacenter* expressivo, mas com pouca informação disponível.¹⁶ Esses dados, extremamente preliminares, ilustram a dimensão computacional da infraestrutura da *www*, demonstrando como sua emergência iniciou um vasto processo de reorganização industrial – novos setores, novas firmas, novos encadeamentos produtivos – que beneficiou firmas que conseguiram se posicionar como fornecedoras para esse novo setor econômico. Em 2016, as empresas líderes na produção e venda de servidores são a HP, a Dell, a IBM, a Lenovo e a Cisco.

Outro componente da infraestrutura contemporânea é a rede mundial de *smartphones* – tão importante que McAfee e Brynjolfsson (2017, p. 195) chegam a sugerir a existência de uma “era dos *smartphones*”. A indústria de *smartphones* é outro exemplo importante de um circuito de retroalimentação positiva entre subsectores que emergiram após a criação da *www*. A difusão do uso de *smartphones* tem contribuído para ampliar o acesso à *www*, dadas as deficiências de construção da estrutura da internet e a ampliação de possibilidades de acesso – por exemplo, na Índia em 2017, 70% do acesso à *www* é via *smartphones* (statista.com). Essa base tem uma origem industrial de enorme significado, que está por trás de importantes redes internacionais de produção e inovação. Como se sabe, a Apple empregava em 2012 um total de 43 mil trabalhadores nos Estados Unidos, mas contratava empresas que empregavam 700 mil trabalhadores, a maior parte fora dos Estados Unidos.¹⁷ As empresas líderes na produção e venda de *smartphones* em 2017, de acordo com a IDC, são a Samsung, a Apple, a Huawei, a OPPO e a Vivo, que totalizaram 55,5% do mercado mundial no primeiro trimestre de 2017.¹⁸ Entre outras mudanças importantes, direta e indiretamente relacionadas com as novas condições globais de produção, encontram-se essas empresas entre as líderes na articulação de cadeias globais de valor, que mobilizam – como no caso da Apple – inúmeras outras empresas fornecedoras em diversas camadas – direta ou indiretamente (UNCTAD, 2011, Annex Tables IV.1, IV.5 e IV.7).

16. Sobre a Amazon, ver <<https://www.bloomberg.com/news/2014-11-14/5-numbers-that-illustrate-the-mind-bending-size-of-amazon-s-cloud.html>>.

17. Cf. “How U.S. Lost Out on iPhone Work”, *The New York Times*, 21 jan. 2012.

18. Outra lista está disponível em <<https://www.industryleadersmagazine.com/leading-smartphone-companies-in-the-world/>>.

Em quarto lugar, emerge uma nova fonte de invenções e inovações, com a multiplicação da população de profissionais envolvidos no desenvolvimento de aplicativos.¹⁹ Os dados são controversos, mas, segundo o site Statista.com, em 2017 um total de 724 mil desenvolvedores lançaram ao menos um *app* através do Google Play e cerca de 494 mil pela iOS App Store.²⁰ Essa comunidade deve ser compatibilizada com estatísticas mais tradicionais de envolvidos com atividades de P&D, expressando uma ampliação significativa de capacidade inovativa em termos globais. A distribuição internacional desses desenvolvedores é também expressão de outras mudanças, na medida em que apenas 21,23% dos desenvolvedores do Android encontram-se nos Estados Unidos.²¹ Essa ampliação de envolvidos com a geração de novos produtos contribui para mudanças nas atividades inovativas que seriam impulsionadas pela emergência da *www*.

Para um balanço geral, pode-se indicar que a estrutura das grandes empresas se preserva enquanto mudam características das empresas líderes, em especial com a emergência de empresas criadas após a *www* e voltadas para a atuação nesse continente, assumindo posições de liderança: “*In 2015, the top five firms by market capitalization are, starting from the largest, Apple, Google, Microsoft, ExxonMobil (after the merger in 1999), and Amazon*” (KAHLE; STULZ, 2017, p. 74).

A consolidação da *www* pode ser avaliada também através do *Special Report* do *The Economist - Fixing the internet* (30 jun. 2018). Um elemento dessa consolidação é o peso das novas empresas em mercados específicos na *www*: o Google detém 91% do mercado global de buscas; a Apple, 45% do tráfego na *web* por *smartphones*; o Facebook, 66% das redes sociais; e a Amazon, 37% do varejo on-line. Esses dados reiteram a manutenção de características oligopolistas encontradas em outras eras do capitalismo (SCHERER; ROSS, 1990). A novidade da fase atual é a abrangência global precoce desses oligopólios.

19. Um exemplo de uma inovação gerada por um aplicativo é a Uber (Stone, 2017). Um aplicativo gerou uma empresa. Essa empresa, fundada em 2007, é um exemplo da superposição de inovações para o seu surgimento: construída a partir da *www*, do *smartphone* com GPS, do Google Maps e do dinheiro eletrônico. Cf.: <<https://www.theguardian.com/technology/2015/feb/08/google-maps-10-anniversary-iphone-android-street-view>>.

20. Cf.: <<https://www.statista.com/statistics/276437/developers-per-appstore/>>.

21. Cf.: <<https://www.statista.com/statistics/271988/android-app-developer-country/>>.

5. A www e uma nova geração de tecnologias emergentes

A criação, crescimento e consolidação da www como uma nova estrutura no sistema complexo que é o capitalismo global passa a ser fonte de novas mudanças, fonte de novas tecnologias e mesmo de novas áreas da ciência.

Um exemplo do impacto da www sobre a ciência em geral está na origem de uma nova disciplina da física: *network science* (BARABÁSI, 2016). O crescimento explosivo da www – “*the number of documents on the Web is anything but constant. In 1990 the Web had only one page. Now it has more than three billion*” (BARABÁSI; BONABEAU, 2003, p. 54) – altera a dinâmica econômica, a dinâmica do progresso tecnológico e as diversas formas de organizar as atividades produtivas. Barabási afirma que “*the www represents a new type of network*” (BARABÁSI, 2016, cap. 0). A emergência e a dominância desse novo tipo de rede – *free-scale networks* – têm impactos em todas as áreas de atividade.

Há uma dinâmica específica que associa as empresas na www, usos iniciais de informação, acumulação de informação e novos usos potenciais. A revista *The Economist* chega a sugerir a emergência de uma nova economia baseada em dados (6 mai. 2017, p. 3) – o que pode ser algo impressionista no geral, mas uma indicação de uma nova característica da economia que merece ser analisada entre novas mudanças. Essa mesma matéria sugere uma dinâmica iniciada com inovações necessárias para geração de valor na www que provocam investimentos em inteligência artificial. Segundo a *The Economist*,

[...] *the value of data is increasing. Facebook and Google used the data they collected from users to target advertising better. But in recent years they have discovered that data can be turned into any number of artificial-intelligence (AI) or ‘cognitive’ services, some of which will generate new sources of revenue.*²²

Nessa mesma linha, explorando a conexão entre o desenvolvimento da www e inovações posteriores, a www está relacionada com uma explosão de dados disponíveis,

22. Há uma sugestão de fases na história das empresas como Google, de acordo com a *The Economist* (6 mai. 2017), que demarca entre o início da busca *online* e o novo mundo da inteligência artificial.

fortalecendo áreas como *big data*, que, articuladas com novas capacidades de processamento, levam a novas possibilidades de avanços em inteligência artificial e *machine learning* – um exemplo dessa interconexão está no processo de avanços nos algoritmos de tradução de textos, em uma competição que envolve empresas como a Google e a Baidu (LEWIS-KRAUS, 2016).²³ Em relação à robótica, o interesse da Amazon foi explicitado pela aquisição da Kiva Systems, em 2012 (AUTOR, 2015, p. 24), assim como o envolvimento da Google com carros sem motorista.

A relação entre o desenvolvimento da robótica e outros setores é exemplificada por Ford (2015, p. 4-5, 105), que mostra como um aparelho para um jogo desenvolvido pela Microsoft (Kinect, um “*motion sensing input device*”) foi apropriado por pesquisadores em universidades e por inventores individuais para dotar robôs de visão tridimensional. Esse tipo de articulação combinando inovações de várias áreas é um dos pontos fortes dos capítulos iniciais de Ford (2015, p. 86), que enfatiza como essas articulações estariam por trás de uma dinâmica de crescimento exponencial da capacidade dos robôs. Entre outras combinações, Ford menciona *big data* e *machine learning*.

A emergência e consolidação da *www* potencializa a estrutura de P&D acumulada anteriormente. A dimensão dos recursos envolvidos em ciência e tecnologia globalmente é um resultado de décadas de construção de sistemas de inovação no mundo. Em 2010, segundo cálculos a partir de dados no *site* do Banco Mundial, o total de pessoas envolvidas com P&D alcançava 8,97 milhões, para um total de gastos em P&D (para 2014)²⁴ de US\$ 1,8 trilhão (para um PMB de US\$ 105,76 trilhões, ambos pelo critério PPC), segundo a *R&D Magazine*. Globalmente foram publicados 2,199 milhões de artigos na WebOfScience em 2013 e depositadas 2,888 milhões de patentes (WIPO, 2016, p. 7). Há uma multiplicação das fontes de inovação, derivadas do crescimento dos diversos sistemas de inovação em construção, captado por um conjunto de dados da WIPO (2016, p. 8): a China, em 2015, foi a maior depositante mundial de patentes, de marcas e de designs. Essa massa de recursos disponíveis para a inovação, agora articulados globalmente pela *www* – articulação que chega a impactar os diversos sistemas de inovação, com a emergência de rudimentos de um sistema internacional (RIBEIRO *et al.*, 2018) – impulsiona a dinâmica do progresso tecnológico de forma nova.

23. Para uma avaliação da semelhança da origem da Google e da Baidu, ver Greenstein (2015, p. 369).

24. Deve ser adicionado aqui o total de desenvolvedores de aplicativos, uma nova fonte de inovações de produtos que se multiplicou com a ampliação e consolidação da *www* e suas inovações complementares.

É nesse contexto que a emergência de novas tecnologias pós-www pode ser analisada. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico ou Económico (OECD, 2016, p. 79) sumariza uma lista de 40 tecnologias potenciais e chaves que poderão desenvolver-se nos próximos anos. Nessa lista, as tecnologias comentadas acima – inteligência artificial, *big data*, robótica – estão mencionadas, estabelecendo assim um vínculo entre a consolidação da www e essas novas tecnologias potenciais.

A OECD (2016, p. 77-112) divide as 40 tecnologias em quatro áreas distintas: digital, biotecnologia, energia + meio ambiente e novos materiais. Na área digital – por definição, um subproduto da www – constam tecnologias emergentes como inteligência artificial, internet das coisas (IoT), análise de *big data*, computação quântica, robótica, *grid computing*, computação em nuvem e *blockchain*. Na área de biotecnologias, bioimagens, biosensores e biochips, bioinformática, tecnologias de monitoramento de saúde, células tronco, neurotecnologias. Na área de energia + meio ambiente, agricultura de precisão, energia fotovoltaica, energia eólica, tecnologias de captura de carbono, micro e nano satélites, *smart grids*. E, finalmente, na área de materiais avançados, nanomateriais, nanoaparatos, manufatura aditiva, nanotubos de carbono e grafenos.²⁵

Esse conjunto de tecnologias emergentes e potenciais, com pesquisadores e envolvidos em P&D conectados pela www e em um contexto de um rudimentar sistema internacional de inovação emergente, pode estabelecer uma característica específica da nova fase: uma explosiva combinação de GPTs. A combinação de GPTs não é novidade na história das tecnologias no capitalismo moderno: Rosenberg (1998, p. 181) explora a combinação entre o desenvolvimento do motor a combustão e tecnologias químicas que levaram à produção de gasolina. Porém, na nova fase, na medida em que uma tecnologia central – a www – articula uma estrutura nova no sistema pela qual diversos esforços se somam e se complementam, essa combinação de GPTs pode se ampliar significativamente.

25. Essa formulação da OECD (2016) contextualiza a proposta de Schwab (2016), que se refere apenas a um conjunto limitado de inovações e tecnologias que têm o potencial de desenvolvimento e difusão nos próximos anos.

6. Mudanças estruturais na nova fase do capitalismo global

Todos os setores de atividade estão impactados pela consolidação da *www* e pelo novo continente aberto para a acumulação de capital.

Em termos microeconômicos, além da elaboração sobre os *two-sided markets* (TIROLE, 2015, p. 1.674-1.676), manuais de microeconomia ganham capítulos sobre tecnologia da informação (VARIAN, 2014, cap. 36), onde se destacam temas como o papel das externalidades de rede. A questão principal é reconhecer a emergência, nos últimos 15 anos, de uma economia da informação, na qual a produção de *bits* demanda novas análises por ser diferente da produção de átomos – “*bits can be reproduced costlessly and distributed around the world at the speed of light and they never deteriorate*” – mas não demandaria um tipo de economia (VARIAN, 2014, p. 686). Talvez seja necessária uma cuidadosa investigação sobre todos os pressupostos evolucionários para a análise microeconômica: inovação e economia fora do equilíbrio, crescimento do peso da informação – essa mercadoria tão especial e singular – sobre a dinâmica econômica em geral, racionalidade limitada transformada em um mundo rico em informação, papel do mercado e seu funcionamento, nova interação entre instituições de mercado e não mercantis. O tratamento dessas questões ultrapassa os objetivos deste texto, um tópico para uma agenda de pesquisa. Um tema microeconômico chave, a teoria da firma, entretanto, merece uma menção mais detalhada, dado o seu tratamento em diversos trabalhos relativos a características dessa nova fase.

McAfee e Brynjolfsson (2017, cap. 13) perguntam se as firmas ainda têm um papel na economia e respondem que sim. Na discussão que realizam, mencionam a teoria de custos de transação de Coase de uma forma unilateral, como se todos os avanços digitais impactassem os custos de transação, ampliando a esfera de atuação dos mercados. Um tratamento mais cuidadoso da obra de Coase deve incluir na análise os efeitos de avanços em tecnologias da informação também sobre a ampliação da capacidade gerencial, que contribuiriam para ampliar a capacidade da firma em internalizar atividades passíveis de realização através do mercado. Avanços nas tecnologias de informação, assim, teriam efeitos indeterminados, pois reduzem custos de transação e também ampliam capacidade gerencial.

O efeito sobre a capacidade interna das empresas pode ser mais percebido nas empresas transnacionais, que constituiriam a unidade básica de análise microeconômi-

ca desde a fase anterior do capitalismo global (DUNNING; LUNDAN, 2008). A emergência da www e as novas tecnologias da informação e da comunicação possibilitam a reestruturação de empresas multinacionais, como Cantwell (2009) descreve, transformando essas grandes multinacionais em “sistemas econômicos globais”. Há aqui uma relação importante com a dimensão internacional da fase atual: o Google é global desde a sua criação, já que o seu berço é a www. A Google pode ser um exemplo especial de um novo tipo de empresa transnacional, associada a um novo fenômeno identificado por Dunning e Lundan (2008, p. 77): “*born global*”. Varian (2010, p. 8) também comenta “micro-multinacionais” como um novo fenômeno, derivado da www.

A mudança na natureza da firma também é explorada por Srnicek (2017, p. 42), que identifica um novo tipo de firma, a plataforma. Srnicek (2017, p. 49) sugere a existência de cinco tipos: *advertising platforms* (Google, Facebook), *cloud platforms* (AWS, Salesforce), *industrial platforms* (GE, Siemens), *product platforms* (Rolls-Royce, Spotify) e *lean platforms* (Uber, Airbnb).

No plano monetário-financeiro, a emergência da www já transformou a natureza do dinheiro e das transações monetárias. O Bank of International Settlements (BIS, 2018, cap. 5) explora potenciais e limites de criptomoedas e ressalta que o dinheiro atualmente é eletrônico e que o conjunto dos meios de pagamentos é dominado por transações eletrônicas: “[...] *electronic bank deposits are the main means of payment between ultimate users*” (BIS, 2018, p. 93). As mudanças na natureza do dinheiro, a sua base em meios eletrônicos e a possibilidade de seu uso potenciado pela www criam condições para a explosão do comércio on-line.

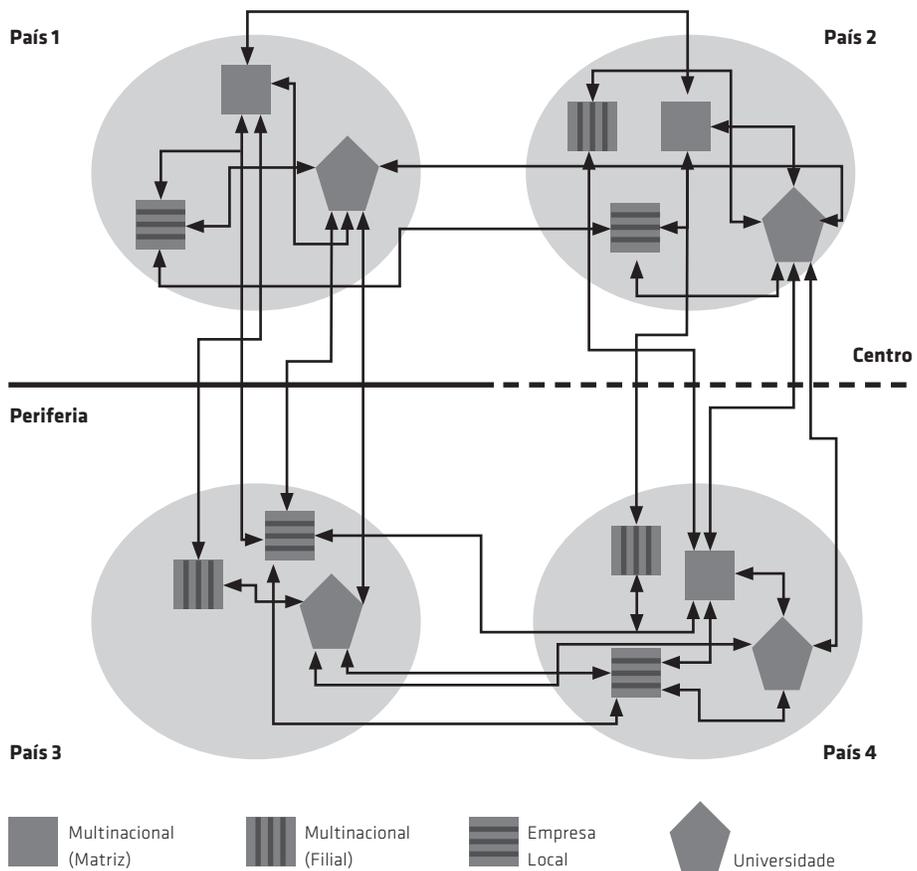
No plano da dinâmica inovativa há a emergência de rudimentos de um sistema internacional de inovação. Uma revisão da literatura encontra as primeiras referências explícitas a um sistema global de inovação em Spencer (2000, 2003). Desde então, embora esparsas, tem havido mais menções a esse tema, como em Linden, Kraemer e Dendrick (2007), Cozzens e Catalán (2008), Brown e Levey (2015), Binz e Truffer (2017). Varian (2010, p. 1) destaca a irrupção de inovações globais em aplicações na web.

Na medida em que as multinacionais são motores da formação de um sistema global de inovação, os efeitos da www sobre elas aceleram esse processo. Adicionalmente, a consolidação da www facilita inúmeros fluxos internacionais de conhecimento que corroem as fronteiras nacionais nos diversos sistemas de inovação. Soete, Verspagen e Weel (2010, p. 1.176) indicam como uma questão decisiva a reflexão sobre

o papel dos fluxos internacionais de conhecimento sobre os contornos nacionais dos sistemas de inovação.

Uma revisão da literatura sobre os diversos fluxos de conhecimento (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011, seção II) propõe um esquema básico, ilustrando os rudimentos de um sistema internacional de inovação na Figura 1.

Figura 1 | Esquema de sistemas nacionais de inovações conectados por fluxos de conhecimento trans-fronteiras - rudimentos de um sistema internacional de inovação



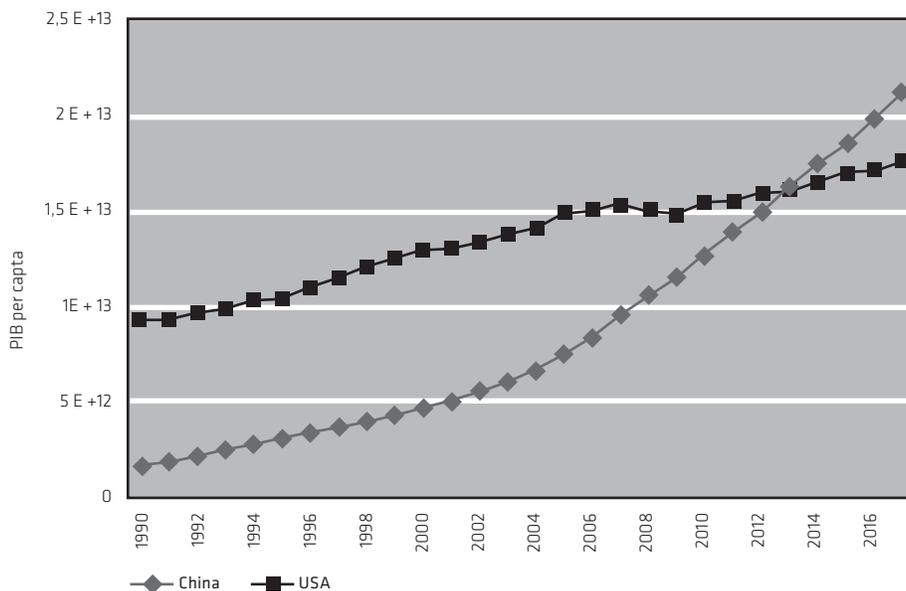
FONTE: Albuquerque *et al.*, 2011, p. 18.

Pesquisas posteriores investigaram esses diversos fluxos, que conectam internacionalmente firmas a universidades (RIBEIRO *et al.*, 2014), universidades a universidades (RIBEIRO *et al.*, 2018) e firmas a firmas (BRITTO *et al.*, 2019). As empresas transnacionais são responsáveis por tensões que também constituem uma força motriz na emergência dos rudimentos de um sistema internacional de inovação (SILVA, 2014).

As mudanças tecnológicas em curso têm sido investigadas em termos do impacto sobre ocupações e empregos, uma discussão importante, ainda inconclusiva, mas relevante para captar a natureza da mudança que se opera no mundo do trabalho. Relatórios e estudos como os de Frey e Osborne (2017), do McKinsey Global Institute (MGI, 2016) e do Banco Mundial (2016; 2019a) expressam esforços para avaliar esses impactos.

Há ainda deslocamentos geopolíticos importantes, na medida em que desde 2013 os Estados Unidos foram ultrapassados pela China em termos do produto interno bruto (PIB), medidos pelo critério de paridade de poder de compra (PPC). Os dados preparados pelo Banco Mundial geraram o Gráfico 1, apresentado abaixo.

Gráfico 1 | PIB per capita (PPC), Estados Unidos e China



FONTE: Banco Mundial (2019b), elaboração própria.

A mudança quantitativa expressa nos dados do PIB per capita critério PPC pode ser analisada como expressão de outros movimentos em termos de capacidade produtiva e tecnológica. Esses movimentos podem ser correlacionados com a posição da China no cenário das patentes, marcas e designs e com a presença de empresas chinesas entre as líderes dos setores relacionados direta e indiretamente à *www* (seção 4). As empresas chinesas exploraram oportunidades abertas pela revolução tecnológica em curso, conseguindo aproveitar janelas de oportunidade em função de capacitações internas construídas ao longo do tempo. Lee e Malerba (2017) mencionam exemplos da Coreia do Sul e da China, aproveitando janelas em tecnologias específicas que certamente estão por trás das mudanças em termos de PIB retratadas pelos dados do Banco Mundial. A dimensão da entrada na China nas tecnologias digitais pode ser identificada por uma capa recente da revista *The Economist* (15 mar. 2018), que trata de uma batalha pela “supremacia digital” com os Estados Unidos.

7. Desafios, oportunidades e agenda de pesquisa

A mudança iniciada com a invenção, consolidação e expansão da *www* abre uma nova fase no capitalismo global. Essa nova fase apresenta desafios e oportunidades para países na periferia do sistema, como o Brasil.

O principal desafio é a ampliação inicial do hiato tecnológico a partir da introdução das inovações direta e indiretamente relacionadas à *www*. Um novo patamar tecnológico internacional está sendo estabelecido, e países que ainda sequer haviam encerrado o processo de absorção das revoluções tecnológicas anteriores defrontam-se com o desafio de absorver novas tecnologias.

A oportunidade é imensa, também. Ela decorre da natureza das próprias revoluções tecnológicas, que abrem “janelas de oportunidade” tanto para novas firmas nos países centrais como para empresas em países distintos dos originários das novas tecnologias (PEREZ; SOETE, 1988) – como a Coreia do Sul e a China conseguiram em diversas tecnologias (LEE; MALERBA, 2017). Há novas oportunidades nessa nova fase, em especial decorrente dos rudimentos de um sistema internacional de inovação identificados, que distinguiria possibilidades dessa nova fase em relação às anteriores.

A transição a uma nova fase do capitalismo global demanda, portanto, a elaboração de uma nova política industrial e tecnológica, um novo conjunto de políticas de inovação. Esse conjunto de políticas deve ser resultado de um esforço coletivo de elaboração, no qual as universidades têm um papel importante.

Esse conjunto novo de políticas deve combinar uma cuidadosa avaliação dos processos de *catch up* bem-sucedidos, para extrair as lições necessárias, com um diagnóstico preciso do estágio de construção do sistema de inovação do Brasil e da caracterização da economia atual do país como um ponto de partida para um processo sustentado de *catch up* e, finalmente, a definição de um conjunto de setores que constituem tecnologias emergentes, mas que encontrem no Brasil bases construídas a partir das quais possam avançar – tópicos que estão desenvolvidos em trabalho anterior (ALBUQUERQUE, 2018).

Referências

- ALBRITTON, R.; ITOH, M.; WESTRA, R. ZUEGE, A. (Eds.). *Phases of capitalist: booms, crises and globalization*. New York: Palgrave, 2001.
- ALBUQUERQUE, E. Catch up: ciência e tecnologia, desenvolvimento e desafios ambientais e demográficos em tempos de uma nova revolução tecnológica. In: ANDRADE, M. V.; ALBUQUERQUE, E. *Alternativas para uma crise de múltiplas dimensões*. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG, 2018. p. 409-425. Disponível em: <www.cedeplar.ufmg.br>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- _____; BRITTO, G.; CAMARGO, O. S.; KRUSS, G. Global interactions between firms and universities: global innovation networks as first steps towards a Global Innovation System. Texto para Discussão 419. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG, 2011. Disponível em: <http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD_419.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- AUTOR, D. H. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, n. 3, p. 3-30, 2015.
- BIS. Bank for International Settlements. *88th Annual Report*. Basel: BIS, 2018. Disponível em: <www.bis.org>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- BARABÁSI, A-L. *Network Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. Disponível em: <<http://networksciencebook.com/>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- _____; BONABEAU, E. Scale-free networks. *Scientific American*, p. 50-59, mai., 2003.
- BERNERS-LEE, T.; FISCHETTI, M. *Weaving the Web: the original design and ultimate destiny of the world wide web by its inventor*. New York: HarperBusiness, 2000.
- BINZ, C.; TRUFFER, B. Global innovation systems – a conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research Policy*, vol. 46, p. 1.284-1.298, 2017.
- BRESNAHAN, T.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies: ‘engines of growth’? *Journal of Econometrics*, vol. 65, n. 1, p. 83-108, 1995.
- BRITTO, J. *et al.* Knowledge flows, changing firms’ competences and patent citations: an analysis of the trajectory of IBM. *Economics of Innovation and New Technology* (artigo aceito para publicação), 2019.
- BROWN, S.; LEVEY, D. The global innovation system: A new phase of capitalism. *International Journal of Business, Humanities and Technology*, vol. 5, n. 1, 2015.
- BRYNJOLFSON, E.; McAFFEE, A. *The second machine age: work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W. W. Norton & Company, Inc., 2014.
- CANTWELL, J. Innovation and information technology in the MNE. In: RUGMAN, A. M. (Ed.), *The Oxford Handbook of International Business*. 2 ed., Oxford University Press: Oxford, p. 417-446, 2009.
- CHANDLER JR., A. *Inventing the electronic century: the epic story of the consumer electronics and computer industries*. New York: The Free Press, 2001.

- _____. The computer industry: the first half century. In: YOFFIE, D. B. *Competition in the age of digital convergence*. Boston: Harvard Business School. p. 37-122, 1997.
- COZZENS, S.; CATALÁN, P. *Global systems of innovation: water supply and sanitation in developing countries*. Mexico: VI Globelics Conference, 2008. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.147.5441&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- DUNNING, J.; LUNDAN, S. *Multinational enterprises and the global economy*. 2 ed., Cheltenham: Edward Elgar, 2008.
- FORD, M. *The rise of robots: technology and the threat of a jobless future*. New York: Basic Books, 2015.
- FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. *As time goes by: from the industrial revolutions and to the information revolution*. Oxford: Oxford University, 2001.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 114, p. 254-280, 2017 (versão de 2013). Disponível em: <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- FURTADO, C. *Metamorfoses do capitalismo*. Discurso na Universidade Federal do Rio de Janeiro no recebimento do título de Doutor Honoris Causa, Rio de Janeiro, 2 dez. 2002. Disponível em: <http://www.redcelsofurtado.edu.mx/archivosPDF/furtado1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2011.
- GILLIES, J.; CAILLIAU, R. *How the web was born: the story of the World Wide Web*. Oxford/New York: Oxford University Press, 2000.
- GREENSTEIN, S. *How the internet became commercial: innovation, privatization and the birth of a new network*. Princeton: Princeton University Press, 2015.
- KAHLE, K.; STULZ, R. Is the US public corporation in trouble? *Journal of Economic Perspectives*, vol. 31, n. 3, p. 67-88, 2017.
- KLEPPER, S. Industry life cycles. *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, n. 1, p. 145-202, 1997.
- KONDRATIEV, N. D. [1926] Long cycles of economic conjuncture. In: MAKASHEVA, N; SAMUELS, W.J.; BARNETT, V. (Eds.). *The works of Nikolai D. Kondratiev*. London: Pickering and Chatto, p. 25-60, 1998.
- LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*, vol. 46, p. 338-351, 2017.
- LEWIS-KRAUS, G. The great A. I. awakening. *The New York Times* (18 dez. 2016, Sunday Magazine, p. MM40. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/12/14/magazine/the-great-ai-awakening.html>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- LINDEN, G.; KRAEMER, K. L.; DENDRICK, J. *Who captures value in a Global Innovation System? The case of Apple's iPod*. Irvine: Personal Computer Industry Center/University of California, 2007.
- MALERBA, F.; ORSENIGO, L. The dynamics and evolution of industries. *Industrial and Corporate Change*, vol. 5, n. 1, p. 51-87, 1996.

- MASON, P. *Postcapitalism: a guide to our future*. London: Allen Lane, 2015.
- McAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. *Machine, plataform, crowd: harnessing our digital future*. New York: W. W. Norton & Company, Inc, 2017.
- MGI. McKinsey Global Institute. *A future that works: automation, employment and productivity*. Brussels/San Francisco/Shangai: McKinsey Global Institute, 2017.
- OECD. *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2016*. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.
- _____; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R. *et al.* (Eds.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter, 1998. p. 458-479.
- RIBEIRO, L. C. *et al.* A methodology for unveiling global innovation networks: patent citations as clues to cross border knowledge flows. *Scientometrics*, vol. 101, p. 61-83, 2014.
- RIBEIRO, L. C. *et al.* 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*, vol. 43. p. 51-61, 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.strueco.2017.07.001>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- RIBEIRO, L. C. *et al.* Growth patterns of the network of international collaboration in science. *Scientometrics*, vol. 114, p. 159-179, 2018.
- RIFKIN, J. *The zero marginal cost society: the internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. New York: Palgrave Macmillan, 2014.
- _____. *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy and the world*. New York: St. Martin's Griffin, 2011.
- ROCHET, J.; TIROLE, J. Platform competition in two-sided markets. *Journal of the European Economic Association*, vol. 1, n. 4, p. 990-1.029, 2003.
- ROSENBERG, N. Uncertainty and technical change. In: LANDAU, R.; TAYLOR, T.; WRIGHT, G. *The mosaic of economic growth*. Stanford: Stanford University, 1996.
- ROSENBERG, N. Chemical engineering as a General Purpose Technology. In: HELPMAN, E. *General Purpose Technologies and economic growth*. Cambridge, Mass./London: The MIT Press, p. 167-192, 1998.
- RYSMAN, M. The economics of two-sided markets. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, n. 3, p. 125-143, 2009.
- SCHUMPETER, J. [1939] *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. Philadelphia: Porcupine, 1989.
- _____. [1942] *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.
- _____. [1911]. *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

- SCHWAB, K. *The fourth industrial revolution*. Cologny/Geneva: World Economic Forum, 2016.
- SCHERER, F; ROSS D. *Industrial market structure and economic performance*. Boston: Houghton Mifflin, 1990.
- SILVA, L. S. *Tensões e conexões: um estudo sobre multinacionais e sistemas nacionais de inovação*. 2014. Tese (Doutorado em Economia) - Cedeplar-UFMG, Belo Horizonte, 2014.
- SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; WEEL, B. Systems of innovation. In: HALL, B.; ROSENBERG, N. (Eds.). *Handbook of the economics of innovation*. Volume II. Amsterdam: North Holland, 2010.
- SPENCER, J. Firms' knowledge-sharing strategies in the global innovation system: empirical evidence from the flat panel display industry. *Strategic Management Journal*, vol. 24, p. 217-233, 2003.
- _____. Knowledge flows in the global innovation system: Do U.S. Firms Share More Scientific Knowledge than their Japanese Rivals? *Journal of International Business Studies*, vol. 31, n. 3, p. 521-530, 2000.
- SRNICEK, N. *Platform capitalism*. Cambridge: Polity Press, 2017.
- STONE, B. *The upstarts*. New York: Little Brown and Company, 2017.
- THE ECONOMIST. The battle for digital supremacy, 15 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.economist.com/leaders/2018/03/15/the-battle-for-digital-supremacy>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- _____. Special Report - Fixing the internet, 30 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.economist.com/special-report/2018/06/28/how-to-fix-what-has-gone-wrong-with-the-internet>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- _____. Data is given rise to a new economy (6 mai. 2017). Disponível em: <<http://www.economist.com/news/briefing/21721634-how-it-shaping-up-data-giving-rise-new-economy>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- TIROLE, J. Market failure and public policy. *American Economic Review*, vol. 105, n. 6, p. 1.665-1.682, 2015.
- TOOZE, A. *Crashed: how a decade of financial crisis changed the world*. New York: Viking, 2018.
- UNCTAD. Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. *World Investment Report 2017: Investment and the digital economy*. Geneva: Unctad, 2017.
- _____. *World Investment Report 2011: Non-equity modes of international production and development*. Geneva: Unctad, 2011.
- VARIAN, H. V. Computer mediated transactions. *American Economic Review*, vol. 100, n. 2, p. 1-10, 2010.
- BANCO MUNDIAL. *The changing nature of work: World Development Report 2019*. Washington: World Bank, 2019a.
- _____. *Data*. 2019b. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator>>. Acesso em: 9 ago. 2018.
- _____. *Digital dividends: World Development Report 2016*. Washington: World Bank, 2016.