

# A economia do *software* e a digitalização da economia

Mauro Zackiewicz\*

Recebido: 20/03/2014 Versão Revisada (entregue): 09/06/2014 Aprovado: 05/08/2014

---

## RESUMO

As questões econômicas, sociais e institucionais que decorrem do avanço da digitalização e seus impactos desafiam a análise econômica convencional. Por causa da geração de valor fundamentada em flexibilidade e imaterialidade, a economia organizada em torno de *software* estabelece uma dinâmica de ciclos rápidos de inovação, mercados transitórios e forte propensão à concentração. A expansão dos meios digitais faz com que as características que definem a economia do *software* tendam a se difundir para a economia em geral, afetando inclusive as atividades mais tradicionais. Este artigo discute quais são as principais propriedades que definem a economia do *software*, propõe uma estrutura de análise para interpretar e estudar suas manifestações em casos concretos e aponta caminhos para orientar a pesquisa empírica da digitalização e de suas implicações econômicas e sociais.

PALAVRAS-CHAVE | Análise Econômica; Inovação; *Software*; Prospectiva Tecnológica

CÓDIGOS JEL | L1; L86; O3

## The economics if the software and the digitisation of the economy

## ABSTRACT

The economic, social and institutional issues of a digital-based society impose big challenges to the conventional economic analysis. Because value comes from flexibility and immateriality,

\* Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Campinas (SP), Brasil. E-mail: maurozac@gmail.com.

an economy organized around the software establishes a dynamic of short cycles of innovation, transient markets and strong propensity to monopolies. The expansion of the digital environments helps this pattern to spread through the economy as a whole, de-materializing and affecting even the most traditional activities. This article discusses what are the main forces behind the software economics and outlines a framework to analyze some of its variations as they appear in the real world.

KEYWORDS | Economic Analysis; Innovation; Software; Technological Foresight

JEL-CODES | L1; L86; O3.

---

## 1. Introdução

Informática, tecnologias da informação e comunicação (TICs), economia digital, economia da Internet. A velocidade das mudanças técnicas é também visível na alteração da terminologia e nas proposições metodológicas para o seu monitoramento e compreensão. No princípio, tratava-se simplesmente de novos bens de informação gerados por curiosas máquinas especializadas. No passo seguinte, vislumbrou-se a emergência de um novo setor econômico. Em seguida, ficou claro que a difusão de artefatos digitais em adição ou substituição a produtos e serviços nos mais diversos setores era maior e mais importante do que seu setor de origem. Finalmente, com o surgimento de novos modelos de negócio e de geração de valor baseados em uma nova plataforma global, a Internet, torna-se cada vez mais evidente que a economia está à beira de mudanças profundas. Em 2016, a economia da Internet deverá ser responsável por 5% do PIB nos países do G-20.<sup>1</sup> Mantido o atual crescimento de 10% ao ano, muito em breve será necessário mudar a compreensão de como se opera a economia e de como são formuladas políticas de desenvolvimento econômico. A digitalização causará mudanças rápidas e profundas nas estruturas econômicas e sociais.

Observando em retrospectiva, é interessante perceber como a interpretação econômica convencional vem tentando enquadrar os fenômenos que caracterizam a emergência das tecnologias digitais: a distinção entre produtos e serviços de informática; as estatísticas sobre o desempenho de empresas de informática; e a análise setorial. Predomina a disposição de adequar as novidades à estrutura conceitual vigente e aos indicadores disponíveis. Resulta nessa linha quase sempre um mal-estar, gerado pela insuficiência e a incongruência entre o novo objeto e a velha análise.

Este artigo soma-se a outras tentativas de avançar na capacidade de análise e compreensão econômica do processo de digitalização e de seus impactos.<sup>2</sup> A reflexão nele contida se insere no contexto de uma pesquisa mais ampla, focada na construção de indicadores de digitalização e oportunidades para políticas públicas. Em função do espaço disponível, o texto limita-se a introduzir dois tópicos que acreditamos ser absolutamente indispensáveis ao debate sobre os efeitos da digitalização: a centralidade do *software* como objeto de análise econômica; e a hipótese, a

1 World Economic Forum (2014).

2 Kretschmer (2012), em ampla revisão da literatura, conclui que apesar das muitas evidências dos ganhos sistêmicos de produtividade na economia propiciados pelas ICTs, muitas dificuldades metodológicas ainda impedem conclusões definitivas sobre como exatamente a digitalização está mudando a economia. Este tema é também objeto de diversos estudos publicados por consultorias, com destaque para trabalhos da McKinsey, BCG, Deloitte e Accenture (não discutidos aqui mas amplamente disponíveis na Internet).

ser investigada, da progressiva difusão da dinâmica da “economia do *software*” para o conjunto da economia.

Estamos convencidos de que sem o esforço perene de busca por novos olhares e a diversificação dos arcabouços de interpretação e mensuração, a análise resta fadada a obscurecer os elementos mais relevantes para a compreensão do digital. A insistência da literatura em categorias analíticas como “setor”, “cadeia produtiva”, “cadeia de valor”, “indústria de *software*”, “profissionais de *software*”, entre outras, é reveladora de uma abordagem “industrial” no tratamento de um objeto que, devido às suas intrínsecas características, não se ajusta bem a esse molde.<sup>3</sup>

Este artigo, organizado em sete partes, retoma a discussão sobre o desafio de interpretar e medir a influência do *software* na economia, buscando estabelecer novas pistas para a pesquisa. Assim, a seção a seguir aborda a delimitação conceitual de *software* e a justificativa de sua importância para a análise econômica. Posteriormente é feita uma compilação de propriedades importantes para a caracterização conceitual e empírica do que seria, afinal, uma economia do *software*. Em seguida, busca-se estabelecer com mais clareza as principais forças econômicas em jogo e explicar a forte tendência à concentração, a contínua renovação pela inovação e a grande diversidade percebida na economia do *software*. Também examinam-se, brevemente, algumas situações reais e alguns dos principais fatores que podem limitar a expansão do *software* na economia. O último item é dedicado a expor, ainda que tentativamente, as conclusões desta reflexão e uma agenda de pesquisa para aprofundar diversos tópicos mencionados no artigo.

## 2. Por que dar atenção ao *software*?

A análise econômica tem dificuldade com o *software*. Essa inovação fundamental está presente desde o início da informática e carrega a chave para a compreensão das forças que moldaram a digitalização nos últimos 40 anos e que certamente estarão presentes nos próximos 40 anos. Entretanto, o estudo da dinâmica econômica do *software* se mantém numa zona cinzenta entre a economia e a tecnologia, longe da centralidade analítica que merece. Aos economistas falta a compreensão das proprie-

3 Esse desajuste é conhecido desde a década de 1970. Desde então, diversos esforços de construção e harmonização de indicadores foram empreendidos. Organismos e organizações internacionais como a OCDE, a ONU/ITU, o WEF e diversas consultorias mantêm um amplo arsenal de indicadores, séries históricas e estudos voltados ao digital, mas todos reconhecem que persistem insuficiências. Em artigo de 2011, Diegues e Roselino discutem em detalhes as enormes dificuldades metodológicas para superar as barreiras setoriais impostas pelos indicadores correntes e melhor caracterizar a relevância econômica da produção de *software* no Brasil. Os autores estimaram que metade de tudo que se faz em *software* no Brasil se faz fora do que se identifica como setor de *software*.

dades, possibilidades e tendências tecnológicas associadas ao *software* e aos técnicos falta a compreensão das forças econômicas que o *software* é capaz de engendrar.

A tendência inicial dos economistas foi incluir o *software* como mais um espécime no rol dos bens de informação. Depois, por muito tempo, considerou-se uma espécie de heresia analítica separar *software* e *hardware*, ambos tidos como componentes de uma categoria específica de bem de produção. Para outros, ainda, *software* e programa de computador seriam denominações equivalentes, fortemente vinculadas ao trabalho e às competências humanas.<sup>4</sup>

Para escapar da tentação de enquadrar o *software* em uma categoria conhecida e confortável (bem de informação, capital ou trabalho), é preciso ter claro que, ao entrar em operação, o *software* se torna uma outra coisa. Mais do que informação, mais do que parte componente das tecnologias da informação e comunicação e mais do que resultado de trabalho humano especializado, o *software* passa a ser uma mistura de agente e fator de produção, dotando de sentido econômico as máquinas que o obedecem. Está nele a capacidade de comandar a flexibilidade do *hardware* e gerar valor. Ele pode atuar simultaneamente em muitas máquinas e, desse modo, transcende e multiplica *ad infinitum* o trabalho humano de sua programação. Possui a capacidade de modificar profundamente a organização vigente dos fatores de produção ao economizar capital, trabalho e recursos e baratear transações.

O computador atual, uma máquina genérica capaz de executar programações arbitrárias com grande flexibilidade e velocidade, depende do *software* para operar. Para executar uma tarefa, o *hardware* precisa receber e executar instruções específicas e o *software* é a peça abstrata que adiciona tais instruções à máquina. O *software* não é o programa, não é a linguagem usada para escrever o programa. *Software* é a peça imaterial que torna operacional a flexibilidade que as máquinas computadoradas possuem.

A flexibilidade do computador-máquina é sua característica fundamental. Ela o distingue da ferramenta e da máquina industrial e tornou possível sucessivas ondas de inovações tecnológicas. Com o computador, não é necessário construir um mecanismo específico para cada nova operação. Basta uma nova instrução, um novo

4 Há extensa literatura que pode comprovar esses pontos de vista. Apenas para ficar com alguns exemplos mais contundentes: a) Interpretar *software* como bem de informação é o que dá sustentação para sua proteção intelectual no âmbito do direito autoral. Mesmo nos países em que é permitida patente de *software*, a controvérsia persiste: é legítimo patentear um algoritmo? b) Shapiro e Varian (1998, p. 2-3) afirmavam: “*Software and hardware are inexorably linked. Indeed, they are a leading example of complements. (...) Neither software nor hardware is of much value without the other; they are only valuable because they work together as a system.*”; c) Pierre Lévy (2000, p. 41) entendia que “um programa, ou *software*, é uma lista bastante organizada de instruções codificadas, destinadas a fazer com que um ou mais processadores executem uma tarefa”.

programa, que o computador é capaz de executá-la sem a necessidade de criar ou reorganizar fisicamente os instrumentos para sua execução. Em vez de ferramentas e máquinas especializadas, têm-se máquinas genéricas alimentadas com instruções, essas sim cada vez mais especializadas. O eixo se desloca do universo físico e tangível das ferramentas e das máquinas para o universo imaterial das instruções que se tornam *software*.<sup>5</sup>

Diferentes padrões dominantes caracterizaram a difusão das tecnologias operadas por *software*: *mainframes*, PCs, Internet, computação em nuvem, *smartphones*. A cada estágio, o *hardware* se tornou mais genérico, barato e eficiente e o *software* ganhou mais relevância. É fundamental perceber que, desde Turing e von Neumann, é a lógica do *software* que orienta a evolução do *hardware*, nunca o contrário. O *hardware* vai ficando mais opaco, encapsulado por mais e mais camadas de *software*, e menos importante para explicar as mudanças no ponto de vista econômico.

*Software* é informação que instrui e determina o funcionamento do *hardware* e assim ganha proeminência na geração de valor. Castells (1996) e Shapiro e Varian (1998) sintetizaram em suas respectivas revisões algumas das principais consequências do crescente protagonismo da informação na economia e na organização social.

Em *The rise of the network society*, Castells (1996) identifica pelo menos quatro propriedades que ajudam a explicar como os *softwares* modificam os processos econômicos e sociais:

- *software é informação que produz informação*. Sendo informação, um *software* possui as características dos bens de informação, tais como a necessidade de ser experimentado para seu valor ser percebido, a facilidade de se tornar bem público e de apresentar retornos de escala associados ao uso. Entretanto, ao ser informação capaz de (re)produzir informação, o *software* acrescenta a suas propriedades também a capacidade de proporcionar retornos de escala e escopo na produção. A facilidade de reprodução do *software* e a facilidade na produção de novas informações rebaixam os custos do processamento da informação e possibilitam a criação de novos negócios;

5 Foi a arquitetura estabelecida por John von Neumann para a máquina abstrata concebida por Turing que trouxe à existência concreta o computador universal, uma máquina capaz de ser programada para diferentes tarefas sem requerer alterações em sua estrutura física. A máquina construída por von Neumann entre 1947 e 1952 foi a primeira em que números que significavam dados e números que significavam instruções passaram a compartilhar a mesma base física, ocupando transitariamente estruturas dedicadas ao processamento (CPU), à memória (RAM) e à entrada e saída de informação (I/O) em formato digital. Essa arquitetura é adotada até hoje na maioria dos computadores. George Dyson (2012) conta com detalhes a história das ideias, tecnologias e pessoas envolvidas no desenvolvimento do computador digital.

- *software é pervasivo*. Ao rebaixar o custo de processamento da informação, *software* gera valor, percebido em ganhos de produtividade e eficiência em todas as atividades da sociedade. Tarefas mediadas por *software* estão ou serão incorporadas na rotina das pessoas, nos equipamentos industriais e em uma infinidade de tecnologias, desde a agricultura até os mais diversos serviços especializados;
- *software possui lógica de rede*. Em contraste com as cadeias produtivas típicas da indústria, nas quais os produtos seguem etapas de processamento e distribuição até atingir o consumidor final, a estrutura de produção de *software* quase nunca é linear, em seu desenvolvimento, em sua distribuição ou em seu uso. A analogia da rede é muito mais adequada do que a de cadeia, uma vez que podem ocorrer interações a qualquer momento entre desenvolvedores e usuários e, quase sempre, o usuário é também um desenvolvedor;
- *software é integrável em sistemas*. Um *software* sofisticado pode conter centenas de camadas e componentes, desenvolvidos por diferentes pessoas ou empresas, integrados todos em um corpo que é transparente para o usuário. A modularidade permite grande flexibilidade e economias de escala e escopo no desenvolvimento.

Em *The information rules*, Shapiro e Varian (1998, p. 1-2) provocam o leitor ao afirmar que “as tecnologias mudam, as leis da economia não”. De fato, os autores chamam a atenção para a recorrência de padrões e situações perfeitamente explicáveis pelas teorias econômicas. As novidades da economia da informação poderiam, portanto, ser interpretadas com o auxílio dos conceitos e do conhecimento acumulado pela economia. Segundo eles, a economia da informação não significou a emergência de uma nova economia, mas sim uma nova combinação de forças que tornou situações tidas como excepcionais e raras em corriqueiras. Fenômenos como economias de escala e escopo, irreversibilidade em investimentos e na escolha tecnológica, concentração de mercado, inovações e destruição criativa sempre estiveram presentes na história da economia.<sup>6</sup> A diferença é que, em um mundo cada vez mais tomado pelas tecnologias de informação e comunicação, a importância desses fenômenos cresceu.

6 Não há espaço neste artigo para expor todo o elenco de importantes autores cujas ideias contribuem para a argumentação aqui apresentada. Castells e Varian ganharam destaque por estarem mais próximos da discussão específica do *software*. O leitor irá também perceber a presença de Schumpeter e seguidores (dinâmica concorrencial da inovação), Dosi (trajetórias tecnológicas), Penrose e Williamson (forças econômicas de concentração e internalização).

### **3. A economia do *software***

As manifestações econômicas potencializadas pelo *software* podem ser sintetizadas em quatro principais fenômenos que decorrem diretamente de suas propriedades técnicas.

#### **3.1. Economias simultâneas de escala e escopo, na oferta e na demanda**

*Software* é um dos únicos casos, senão o único, em que é possível verificar economias de escala tanto no lado da oferta quanto no da demanda. Bens de informação tradicionais geralmente possuem economias de escala de demanda, mas não na oferta. É caro produzir a primeira cópia de cada novo bem de informação (escrever um livro, produzir um filme, etc.), mas a reprodução subsequente tem baixo custo. Portanto, uma grande demanda produz economia de escala, uma vez que mais uso significa menor custo relativo. Por outro lado, bens industriais de consumo geralmente possuem economias de escala na oferta, mas não na demanda. Fábricas maiores podem fazer com que cada unidade produzida custe menos, mas, como o bem só pode ser consumido uma vez, não há retornos de escala pelo uso.

A economia de escala no desenvolvimento de *software* é evidenciada pelo tamanho que assumem as empresas líderes e é reforçada por economias de escopo, conseguida pela modularização dos códigos e funções e o reuso de componentes próprios e de terceiros. Boehm e Sullivan (2000) chamam a atenção para a estreita conexão entre os métodos da engenharia de *software* e o objetivo econômico de obter ganhos de escala e escopo no desenvolvimento.

Do lado do uso, Shapiro e Varian (1998) e Varian et al. (2004) destacam a ocorrência de economias de rede, com a geração de valor e efeitos de retroalimentação conforme cresce a base de usuários. Quando o número de usuários ultrapassa um valor crítico, aumenta muito a probabilidade para qualquer novo usuário de encontrar outros usuários do *software*. Isso reduz o custo de adoção e facilita as transações entre os usuários.

#### **3.2. Aprisionamento e irreversibilidade**

A existência de economias de escala na produção, associadas à imaterialidade, leva a custos marginais de reprodução muito baixos. As economias de rede criam incentivo de adoção porque representam um valor adicional para o novo usuário, proveniente da base de usuários preexistente. Uma vez completo o processo de adoção, substituir

um *software* pode representar um custo elevado para o usuário, em função da curva de aprendizado necessária e das economias de rede usufruídas. A conjunção desses fatores provoca o conhecido efeito de aprisionamento ou *lock in* (DAVID, 1985) e constitui a base para a rápida concentração tipicamente observada nos mercados de *software*.

Uma vez estabelecido o aprisionamento, o baixo custo marginal do fornecedor, associado ao alto custo de substituição experimentado pelo usuário, permite estratégias agressivas nos preços para limitar a concorrência. Em *software*, os preços praticados no mercado não sinalizam necessariamente as estruturas de custo nem são resultado do equilíbrio entre oferta e demanda. Os preços são componentes de modelos de negócio quase sempre dependentes do aprisionamento de clientes. É possível ofertar *software* a preço zero ou a preço negativo para um grande número de clientes e captar valor por meio dos efeitos de aprisionamento e irreversibilidade.

Por outro lado, quanto menos importantes forem as economias de rede, menor será a capacidade de aprisionamento e mais empresas estarão aptas a concorrer no mercado, em um ambiente em que os preços assumem mais relevância.

### 3.3. Inovação

A inovação é o principal vetor concorrencial em *software*. A competição não foca tanto os mercados estabelecidos, mas sim os mercados futuros. O ritmo da mudança tecnológica e dos modelos de negócio é acelerado, os preços são decrescentes e os investimentos em P&D elevados.<sup>7</sup>

A P&D de fronteira em *software* ocorre em um ambiente de incerteza e de altos custos de desenvolvimento, ainda sem uma clara base de usuários. Na fronteira, a pesquisa é complexa, com diversas alternativas exploradas simultaneamente para muitas variáveis que precisam se concertar em prazos curtos. Não é trivial chegar ao *software* mais eficiente. Os desafios, oportunidades e requisitos dos negócios e das tecnologias se interpõem.<sup>8</sup>

Os líderes, com tempo e dinheiro a seu favor, empenham-se em renovar suas estratégias de aprisionamento e manter seus usuários. Mas, mesmo com as vantagens

7 Esse padrão concorrencial já era notado na década de 1980, na competição entre as diversas marcas de PCs (BRESNAHAN et al., 1996).

8 O conceito de modelo de negócio, surgido na esfera da literatura de administração e estratégia, passou recentemente a ser estudado também como conceito de importância econômica, em grande medida para interpretar os casos mais recentes de inovação e as sinergias alcançadas entre oportunidades de negócio e novas tecnologias. Para uma discussão atual, ver Teece (2010) e Brousseau e Penard (2007).

de investimento, do controle de diversas estratégias para garantir a propriedade intelectual,<sup>9</sup> do poder de comprar empresas nascentes e de coordenar alianças estratégicas, o líder nem sempre consegue evitar o sucesso de *second movers* nas etapas iniciais da criação e ocupação de novos mercados.

Esse é um padrão importante da economia do *software*. Há vantagens importantes na estratégia de seguidor. O pioneiro gasta mais em P&D, *debugging*, mas pode ter uma leitura incompleta dos atributos de sucesso. Enquanto economias de rede e aprisionamento ainda não se estabeleceram, há um afrouxamento da barreira à entrada. Um seguidor pode, com custos menores, aprender com o pioneiro, capturar os usuários e se tornar dominante.

### 3.4. Transbordamentos

A diversidade de arranjos presentes na economia do *software*, somada à quase impossibilidade de se descrever o desenvolvimento e o uso de *software* em cadeias produtivas (porque ocorrem em redes nas quais nem sempre os papéis de fornecedor e consumidor são claramente separados), faz com que se torne difícil delimitar e medir um setor de *software* na economia. Há empresas que se dedicam a produzir e vender *software*. Mas há muito mais produção e comércio de *software* na economia do que pode ser captado quando se focalizam apenas as empresas de *software*. O *software* penetra em empresas de toda a economia, seja por meio de departamentos de TI e similares, seja como parte indissociável da capacitação e das atividades rotineiras de parcelas cada vez mais abrangentes da força de trabalho.

Conforme avança a digitalização das empresas e das transações econômicas, a necessidade de *software* e a habilidade de desenvolver, modificar ou adquirir *software* tornam-se fator competitivo progressivamente relevante. O transbordamento do *software* para a economia se dá por três frentes em constante expansão: o incremento da capacitação digital da força de trabalho, que se torna capaz de operar e modificar *software*, com menor ou maior sofisticação; a internalização, em empresas de setores diversos, do desenvolvimento de *software* para aplicações de menor ou maior especificidade; e um mercado de *software* com oferta mais diversificada e mais barata.

A expansão do ambiente digital, tanto pela disponibilidade de infraestrutura genérica quanto pela digitalização de equipamentos empregados em atividades econômicas específicas, facilita a presença do *software* nos processos produtivos e

9 Como os custos marginais de reprodução são muito baixos e os de desenvolvimento muito altos, os direitos de propriedade intelectual tornam-se muito relevantes.

na intermediação das mais diversas transações. À medida que o *software* penetra nos tecidos produtivos e de serviços, a dinâmica própria desses setores vai sendo transformada pelos vetores que definem a dinâmica da evolução do próprio *software*. Os padrões aplicados ao *software* tendem a ser aplicados progressivamente também a toda atividade econômica digitalizada.

#### **4. As variações da economia do *software***

A forma canônica da empresa de *software*, uma pequena *start-up* que em poucos anos se torna uma corporação monopolista com lucros formidáveis, somente ocorre quando todas as características discutidas anteriormente se manifestam em total plenitude.

A história do *software* é repleta de exemplos de como, em ciclos muito curtos, inovações tecnológicas e novos modelos de negócio logram atingir novos patamares de eficiência, tanto no desenvolvimento quanto do lado dos usuários, deslocando assim os líderes de dado momento. Em *software*, essa transição pode acontecer muito rapidamente, com monopólios sendo contestados mesmo antes de se estabelecerem integralmente.

Os monopólios de *software* não assumem exatamente a forma clássica de monopólio natural, na qual predominam vantagens de economia de escala na oferta devido a grandes investimentos imobilizados em capital físico (saneamento, transportes, energia, etc.). Em *software*, os custos do investimento, basicamente na forma de desenvolvimento, são também maiores do que os custos marginais de reprodução, mas ainda assim são de magnitude muito inferior se comparados aos investimentos necessários para entrar em negócios que envolvem pesada infraestrutura física. Todavia, assim como nos monopólios naturais típicos, o monopólio em *software* é explicado por economias de escala, custos fixos muito maiores do que custos marginais e, o mais importante, uma situação em que um único fornecedor é capaz de suprir todo o mercado de modo mais eficiente, isto é, com custos totais mais baixos, do que uma estrutura em que coexistam diversos fornecedores.

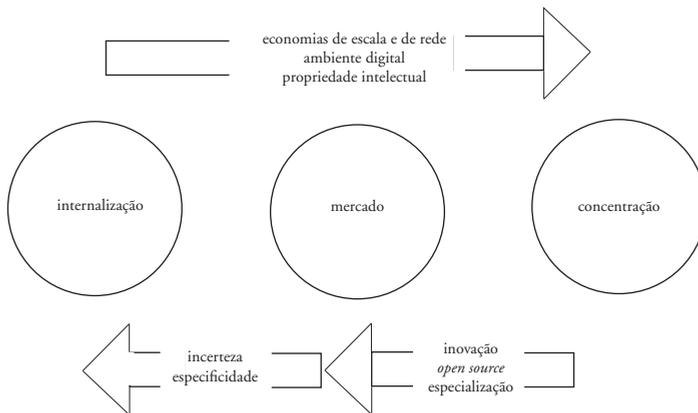
Na economia do *software*, as vantagens tecnológicas e institucionais, se bem exploradas pelos empreendedores, estabelecem rapidamente as condições para uma situação de concentração temporária. Nesta dinâmica, não há nada que possa ser interpretado como “equilíbrio”. Os fornecedores competem e se aperfeiçoam intensamente durante a fase inicial de difusão de uma inovação. Um ou poucos sobrevivem e se tornam capazes de ocupar toda a demanda. Essa situação só pode então ser contestada por um novo ciclo de inovação.

Esta dinâmica, na prática, faz com que a economia do *software* se manifeste em muitas formas e variações. As diferentes características das tecnologias específicas empregadas, as diversas condições dos ambientes aos quais são aplicadas e todos os muitos fatores, inclusive os imponderáveis, que influenciam as inovações resultam em um vasto conjunto de situações possíveis.

Para lidar com a diversidade e melhor compreender as estratégias dos agentes, a Figura 1 sintetiza os padrões típicos provocados pelo embate entre forças antagônicas presentes na economia do *software*. A forma de mercado, com ofertas similares de diversos fornecedores e competição por preço, é instável e transitória. Outras configurações possíveis incluem, em um extremo, a internalização e, no outro, a concentração. A internalização corresponde à situação em que o *software* é desenvolvido pelos próprios usuários. A concentração corresponde à formação de um arranjo com poucos ou apenas um fornecedor monopolista. Ambas as formas, internalização e concentração, também são instáveis.

**FIGURA 1**

Síntese das principais forças que atuam na economia do software e são responsáveis pelos padrões instáveis de internalização, competição de mercado e concentração de fornecedores



A criação de mercados de *software* pode ocorrer tanto pelo transbordamento de *software* originalmente internalizado pelos usuários quanto pela superação dos monopólios estabelecidos.

O transbordando das formas internalizadas e a expansão do mercado dependem de três principais fatores: engenharia, *design* ou P&D capazes de identificar e aproveitar economias de escala e de rede; existência de um ambiente digital que promova a demanda, com boa infraestrutura e usuários capazes de consumir *software*; e algum mecanismo para garantir a propriedade intelectual do *software*, seja ele

institucional ou tecnológico. Esses três fatores, ao se consolidarem e se conjugarem, promovem o mercado e, não encontrando forças contrárias, levam rapidamente à concentração, de acordo com a dinâmica já discutida.

No sentido oposto, as forças que atuam contra a concentração e também promovem mercados estão identificadas: na inovação, com novas tecnologias e modelos de negócio deslocando os patamares de eficiência estabelecidos; no *open source* – denominação sob a qual se pode incluir, além dos códigos abertos, os padrões abertos e os dados abertos (*open data*) –, que atua criando plataformas não proprietárias capazes de combater o aprisionamento e viabilizar novos negócios; e na especialização, com empresas focalizando nichos de mercado e adicionando conhecimentos especializados ao *software*.

Por fim, o desenvolvimento de *software* pelos próprios usuários, em um arranjo de internalização, permanece sendo o mais eficiente quando existe forte incerteza tecnológica ou institucional. Um último fator, a especificidade, inclui tanto as situações idiossincráticas que não configuram demanda clara e, portanto, não justificam oferta de mercado, quanto as aplicações complexas demais que extrapolam a capacidade de oferta do mercado.

## 5. Breve análise de casos reais

Nesta seção, algumas características e questões atuais da economia do *software* são brevemente discutidas a partir de casos concretos.

### 5.1. Smartphones

Um bom exemplo de como opera a economia do *software* está na recente corrida entre sistemas operacionais para *smartphones*. A primeira onda de difusão dessa tecnologia, puxada pela Nokia e emulada por outros fabricantes tradicionais de celulares (Motorola, LG, Samsung e outros), seguia uma trajetória incremental de adição de funcionalidades ao redor da telefonia celular, com muita diversidade na apresentação do *hardware* e ampla difusão do sistema operacional Symbian do lado do *software*.

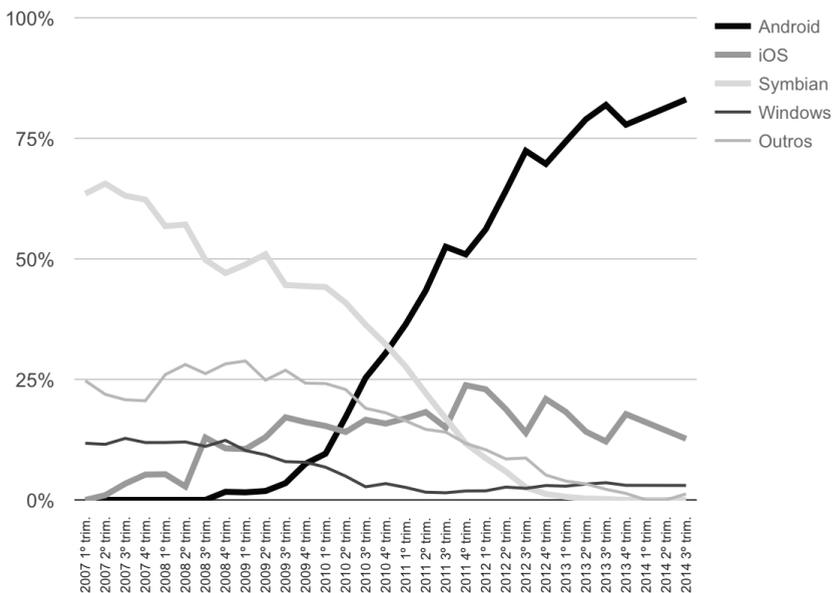
A entrada do iPhone/iOS da Apple, em 2007, e do sistema operacional Android da Google, em 2008, provocou uma reviravolta. A concentração foi contestada e um novo mercado foi estabelecido, com diversas alternativas de sistema operacional competindo, entre elas Android, iOS, BlackBerry, Windows Phone, Tizen e o próprio Symbian.

O Gráfico 1 mostra que a forma mercado existiu entre o segundo trimestre de 2009 e o segundo trimestre de 2011. Antes disso, o Symbian (usado em apare-

lhos Nokia, Samsung, Motorola, Sony Ericsson e outros, detinha mais de 50% das vendas. Depois disso, o Android se tornou líder, ocupando hoje cerca de 80% de um segmento cujo crescimento acelerou vigorosamente, conforme estampado no Gráfico 2. O iOS da Apple oscila entre 15% e 20%. Todos os demais se tornaram irrelevantes e tendem a desaparecer.

Claramente, neste caso, foi alterado o patamar de eficiência da tecnologia. Além disso, houve a introdução de outra novidade: o aprisionamento dos usuários via a exploração de economias de rede. A Apple e a Google modificaram completamente o modelo de negócios da telefonia celular, ao introduzirem inúmeras funcionalidades que dependem essencialmente de *software* distribuído dentro de ecossistemas digitais próprios (Apple Store e Google Play) e expandirem as possibilidades dos aparelhos. Nesse novo modelo, a telefonia não é mais central e o valor está cada vez mais concentrado na camada imaterial representada pelo *software*, fortemente sustentada por toda a base de usuários (economias de rede) e desenvolvedores de Apps (economias de escala no desenvolvimento).<sup>10</sup>

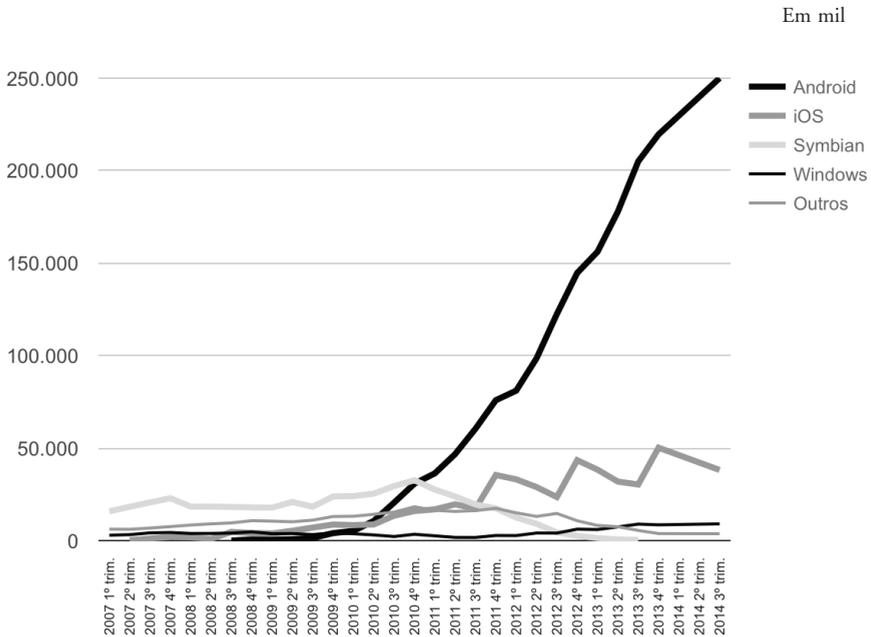
**GRÁFICO 1**  
Participação nas vendas mundiais de smartphones, segundo principais sistemas operacionais 2007-2013



Fonte: Wikipedia. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_operating\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_operating_system)>.

10 Atrelada ao *hardware*, novamente a Apple foi deslocada para o segundo plano. É interessante notar como a Google emula a estratégia original da Microsoft de desvincular *software* e *hardware*, alinhando em torno de seu sistema operacional um grande número de fabricantes e levando a uma redução de custo ao consumidor final. É a lógica do *software* ditando a evolução do *hardware*.

**GRÁFICO 2**  
**Quantidade de smartphones vendidos no mundo, segundo principais sistemas operacionais**  
**2007-2013**



Fonte: Wikipedia. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_operating\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_operating_system)>.

## 5.2. Um pouco de perspectiva

A capacidade de inovação é, ao final das contas, a competência essencial das empresas que sobrevivem e prosperam na economia do *software*. Em *software*, inovações podem surgir por todos os lados, de projetos de P&D, de novos modelos de negócio, de grandes empresas, de pequenas empresas, de madrugadas inspiradas de um programador entusiasmado. Não é possível manter uma tecnologia madura passivamente. Na economia do *software* todas as tecnologias são contestadas e tornam-se rapidamente obsoletas, mesmo que por novas versões delas mesmas.

A evolução das possibilidades técnicas dos ambientes digitais é rápida e decisiva. É muito diferente o que era possível desenvolver antes da Internet e o que se pode desenvolver hoje. A introdução de aplicativos para *smartphones* mudou todo o jogo. A proliferação de sensores (*internet-of-things*) mudará todo o jogo de novo. A

computação em nuvem, a robótica avançada, as impressoras 3D. Cada nova onda de digitalização reconfigura e amplifica as possibilidades para a economia do *software*.<sup>11</sup>

É muito importante perceber o avanço da imaterialidade como o vetor que orienta as inovações responsáveis pela expansão do ambiente digital no qual prolifera a economia do *software*. A cada novo degrau conquistado na virtualização do *hardware*, mais economias de escala e de rede são possíveis.<sup>12</sup> A cada novo padrão consolidado, novas camadas de *software* podem ser construídas sobre as velhas camadas que se tornam fixas. O *software* amplia seus domínios.

A expansão da Internet e dos negócios a ela associados possui claros atributos de imaterialidade. A computação em nuvem e a maioria das novas tecnologias aprofundam essa tendência. Quase invariavelmente, os negócios que se tornam digitais também são submetidos à desmaterialização. O novo arranjo se torna economicamente mais eficiente no agregado e o inovador pode fazer fortuna absorvendo apenas pequena parte dessa diferença. Visualize o valor sendo canalizado das livrarias de bairro para as vendas de *e-books* na Amazon. Esse padrão se tornou a regra e vem se difundindo silenciosamente. Qual é a conexão entre a proliferação de galpões de logística em torno das grandes cidades brasileiras e a economia do *software*? Não se trata apenas de aumento da demanda, há uma clara mudança qualitativa: a cadeia de distribuição se reduz enquanto o *e-commerce* se expande.

A fabricação de *hardware* em cadeias globalizadas faz parte do mesmo processo. As etapas que envolvem materiais, trabalho e energia são deslocadas para diversos países e subcontratadas junto a várias empresas, em arranjos de competição de preço agressivos que reduzem fortemente a margem de lucro dessas empresas. A fatia expressiva fica com quem opera a camada imaterial representada pelo *design*, pelo *software* e pela propriedade intelectual.<sup>13</sup>

As projeções prospectivas dessas tendências podem ser perturbadoras. Sabendo-se que a economia do *software* tende a mobilizar menos materiais, menos energia,

11 Entre as 12 tecnologias de maior potencial disruptivo mapeadas pelo McKinsey Global Institute, sete estão diretamente ligadas à economia do *software*: 1) Mobile Internet; 2) Automation of knowledge work; 3) The Internet of Things; 4) Cloud technology; 5) Advanced robotics; 6) Autonomous and near-autonomous vehicles; 9) 3D printing. As outras cinco tecnologias listadas estão indiretamente ligadas, por serem todas tecnologias cujo desenvolvimento e modelagem dependem de *software* e processamento de dados em larga escala: 7) Next-generation genomics; 8) Energy storage; 10) Advanced materials; 11) Advanced oil and gas exploration and recovery; 12) Renewable energy (MANYIKA et al., 2013).

12 A virtualização de servidores permite a operação paralela de muitas máquinas virtuais sobre a mesma máquina física. Na prática, isso aumenta a taxa de ocupação das máquinas e reduz o custo relativo de seu uso.

13 Cf. estudo de Linden, Kraemer e Dedrick (2009) sobre a cadeia de valor do iPod clássico da Apple. De cada US\$ 300 de um iPod vendido nos EUA em 2005, US\$ 163 dos ganhos ficavam nos EUA, US\$ 26 no Japão e US\$ 4 na China. Os componentes transacionados representavam grande volume de comércio internacional e competição acirrada entre os fornecedores, porém, com baixo valor adicionado. O Japão fornecia o disco rígido especial que equipava o iPod. Com o tempo, esse disco foi substituído por uma tecnologia mais genérica que pudesse ser contratada junto a diversos fornecedores.

menos trabalho, enfim, menos capital no sentido clássico do termo, o que esperar do longo prazo? Existe um limite? Até que ponto é possível desmaterializar? Todo bem material tende a se tornar uma combinação de *commodity* global produzida a margens decrescentes com muitas camadas de *software* responsáveis por configurar e tornar concreta sua apresentação final? Quais serviços restarão em que pessoas não serão substituídas por *software*? Quais atividades econômicas permanecerão necessariamente no plano material? Como a desmaterialização pode afetar a agricultura, a mineração, a energia e tudo que esteja diretamente ligado ao fornecimento das matérias-primas mais básicas para a vida das sociedades urbanas?

São muitas as perguntas e poucas as respostas porque grande parte depende da evolução de tecnologias que ainda estão em fase inicial de desenvolvimento. A impressão 3D vai extinguir a manufatura e permitir que as pessoas fabriquem desde roupas até celulares em casa? Robôs serão encarregados de realizar os serviços gerais, cozinhar, lavar, passar, fazer as unhas e o cabelo? A energia fóssil será substituída antes das mudanças climáticas levarem a uma dramática reorganização espacial das populações em escala global?

O que já se sabe é que a dinâmica imposta pela economia do *software* pode provocar impactos desastrosos na dinâmica social. Os impactos da economia do *software* no trabalho e no emprego começam a ser sentidos e estudados seriamente como uma das prováveis causas do declínio da classe média nos EUA.<sup>14</sup>

### 5.3. A estratégia da especialização

A especialização é uma estratégia tanto de entrada como de sobrevivência na economia do *software*. A oferta especializada de *software* é amplamente dominada por fornecedores de serviços que historicamente atuam junto a cadeias produtivas específicas.

Um conjunto relativamente distinto de empresas tende a ocupar cada fatia de participação nas aplicações de *software* mais especializadas. Os fornecedores de *software* específicos para o setor de saúde são distintos dos fornecedores do setor financeiro ou da indústria química. Nesses casos, as camadas digitais dos serviços e produtos incorporam conhecimentos especializados fortemente relacionados com as atividades econômicas subjacentes.<sup>15</sup> O *software* é proprietário, protegido por uma ou

14 Jaron Lanier, autor dos livros *You are not a gadget* (2010) e *Who owns the future* (2013), é uma das principais vozes nessa discussão. Para ele, o modelo de apropriação do valor socialmente gerado na Internet é demasiado assimétrico. No MIT, autores como Brynjolfsson e McAfee acreditam que as atuais mudanças tecnológicas estão destruindo empregos mais rapidamente do que são capazes de criar novos (ROTMAN, 2013).

15 Uma coletânea de estudos organizada pelo CGEE, em 2012, mostra a ocorrência sistemática desse padrão em diferentes setores da economia brasileira, incluindo petróleo e gás, energia elétrica, sistema financeiro, grandes eventos esportivos, saúde e telecomunicações. Parte relevante da presença brasileira em *software* é especializada.

mais formas de proteção à propriedade intelectual e continente de conhecimentos técnicos de difícil reprodução.

Sempre que existir associado ao *software* um ou mais componentes específicos de serviço ou de equipamentos que amplifiquem em demasia os custos marginais de sua reprodução, forma-se um arranjo menos eficiente do ponto de vista da economia do *software*.

Em um *nicho* muito especializado, as economias de rede são limitadas pelo pequeno número de usuários ou pela natureza das aplicações de *software* adotadas. As economias de escala do lado da oferta são limitadas por eventuais custos marginais mais elevados para a reprodução do *software*.

Justamente por esses motivos, a especialização se torna um território mais seguro e atraente para iniciantes ou para aqueles banidos de outros mercados. Ao ampliar sua digitalização, toda atividade econômica acaba por criar oportunidades para o desenvolvimento de *software*, normalmente mais visíveis para quem já está envolvido com os detalhes do dia a dia dos negócios.

Diversas empresas de *software* se tornaram amplamente dominantes em *nichos* de atuação de atividades econômicas específicas. O fato de serem especializadas não implica que sejam pequenas nem as impede de usufruir das possibilidades de concentração que o *software* proporciona. Mas são, regra geral, empresas de menor rentabilidade se comparadas às líderes entre as empresas de *software* em geral. Por exemplo, a Atos SE, empresa francesa de serviços digitais especializada em grandes eventos esportivos e serviços de saúde, possuía, em 2012, 76.418 funcionários, com vendas de € 8,8 bilhões e receita líquida de apenas € 224 milhões, o que correspondeu a uma taxa lucro/faturamento de 2,5%.<sup>16</sup>

A escolha estratégica entre especialização e generalização é sempre difícil na economia do *software*. Do lado da especialização, conta a favor o domínio de conhecimentos de mais difícil reprodução. Embora nem sempre isso seja possível, se tais conhecimentos puderem ser associados a boas economias de escala de desenvolvimento, a especialização se torna uma competência concorrencial forte. A favor da generalização, conta a ampliação da base de usuários, necessária para usufruir de economias de rede. Mais especialização, mais proteção, ainda que eventualmente temporária. Mais generalização, mais usuários e lucros em potencial, e provavelmente concorrentes de maior peso.

16 Em comparação, a taxa lucro/faturamento em 2012 da Microsoft foi de 28,1%, da Google 21,4%, da Apple 21,7% e da IBM 16,8%. Todos os dados contábeis que ilustram esta seção foram obtidos nas *wikipages* das empresas ou de seus mais recentes relatórios públicos.

## 6. Fatores que limitam e alteram o avanço da economia do *software*

O roteiro natural de desenvolvimento da economia do *software* é um processo que se inicia com inovação, atravessa um curto período de concorrência entre preços, padrões e funcionalidades complementares e converge vigorosamente para a concentração, também de curta longevidade, a ser contestada por novas ondas de inovações. A cada rodada desse processo, novas tecnologias são incorporadas e avança a digitalização da economia como um todo, transferindo para as demais atividades econômicas não apenas os ganhos de custo e produtividade propiciados pelas tecnologias de informação, mas também a própria lógica da economia do *software*. Quanto mais digital se torna uma atividade econômica, mais ela passa a ser emoldurada pelas mesmas forças que movem a economia do *software*.

Nessa nova dinâmica que se difunde, a análise econômica deve se precaver de enquadrar suas manifestações empíricas em modelos que foram concebidos para uma economia industrial que não compartilha das mesmas características da economia do *software*. Esta atenção é importante porque muitos dos modelos usualmente empregados para traçar estratégias, construir indicadores e fazer previsões de mercado, seja no âmbito do planejamento privado, seja no âmbito de políticas públicas de incentivo ou regulação, partem justamente de pressupostos pouco aderentes à economia do *software*.

A ocorrência de situações, em *software*, que se desviam do roteiro natural descrito anteriormente deve ser compreendida em função de fatores que limitam a dinâmica natural da economia do *software*. Na presença de fatores limitantes, o arranjo mais eficiente não se estabelece não porque as forças da economia do *software* não estão presentes, mas porque elas são contrabalançadas por outras.

Em primeiro lugar, nos casos em que a materialidade importa, a lógica da economia do *software* pode encontrar mais dificuldades para se difundir. Quanto mais imaterial, isto é, mais diferenciado pela informação e pelo conhecimento, mais o negócio será regido pelas regras da economia do *software*. Quanto mais dependente do *hardware*, de capital físico ou de trabalho, mais bloqueios à concentração tendem a ocorrer. Nesses casos, um custo marginal não desprezível na reprodução altera a escala ótima eficiente. Não é surpresa, portanto, constatar o esforço perene das empresas líderes em desvincular *software* e *hardware*. Simplificar, padronizar, tornar o *hardware* cada vez mais genérico e flexível e transferir sua fabricação para terceiros é parte importante da receita para acelerar a concentração e a rentabilidade.

Um segundo conjunto de fatores de bloqueio corresponde às condições institucionais específicas de cada país ou localidade. O método clássico de combate aos

abusos dos monopólios naturais é a regulação estatal. Embora sejam difíceis na prática e por muitos consideradas desnecessárias,<sup>17</sup> formas diretas ou indiretas de regulação da economia do *software* ocorrem em função de certas escolhas ou características institucionais. Em *software*, a melhor política de combate aos monopólios é estimular os inovadores capazes de contestá-los e impor padrões de interoperabilidade que possam abrandar os efeitos de aprisionamento.

Empresas que organizaram suas operações em escala global e conseguem oferecer serviços digitais que escapem das armadilhas da regulação e das idiossincrasias locais estabelecem fortes vantagens. Negócios da economia do *software* tornam-se globais tanto por causa como por efeito. Buscar posições globais significa modelos de negócio capazes de acomodar ou superar as limitações e variações locais. Estar livre dessas amarras significa espaço aberto para economias de rede e de escala.

No combate ao aprisionamento, a interoperabilidade pode ser imposta pelos usuários ou pelo governo. A existência de um mercado competitivo de ERPs (enterprise resource planning) e de bancos de dados sofisticados deve-se ao fato de esses serviços serem adquiridos por usuários de boa qualificação que não aceitam ser prisioneiros de um fornecedor e exercem algum poder de barganha.<sup>18</sup> Em outras situações, como no mercado financeiro, nos sistemas de saúde e em outras atividades de interesse público, a imposição de padrões pelos governos e a promoção de *open source*, *open standards* e *open data* podem ajudar a manter a coexistência de diversos fornecedores e estimular a inovação.

Ambientes hostis a empreendedores e pequenas empresas, deficiências na proteção de propriedade intelectual e no cumprimento de contratos, mudanças constantes nas regras de negócio e outros fatores geradores de incertezas e insegurança reduzem a viabilidade de *start-ups* e o incentivo a inovadores. O desenvolvimento de *software* será realizado apenas se absolutamente necessário e sempre em arranjos internalizados ou por meio de encomendas *ad hoc* a terceiros. A falta de um mercado com oferta de soluções locais torna o desenvolvimento de *software* mais reativo e

17 Para Varian (2004, p. 27), por exemplo, mesmo sob forte convergência a monopólio, no caso do *software* o consumidor ainda auferir mais benefícios do que prejuízos. Vantagens ocorreriam porque haveria forte redução nos preços durante a corrida ao monopólio, constante redução dos custos fixos com *hardware*, competição entre ofertas da mesma empresa e pressão exercida pelos ofertantes de serviços complementares, o que evitaria o abuso por parte do monopolista. Daalen (2001) discute alguns casos de acusação de monopólio na indústria de *software* julgados nos EUA e a emergência de uma jurisprudência contrária ao controle e à regulação estatal nesses casos.

18 Os principais concorrentes nesses mercados tendem a taxas de lucro/faturamento intermediárias, como exemplificado para SAP alemã (17,4% em 2012) e a brasileira TOTVS (14,6% em 2012), especializada em lidar com pequenas e médias empresas que operam no complexo ambiente de negócios do Brasil. Quando as empresas conseguem impor aprisionamento, caso da Oracle, cujas soluções otimizam *software* e *hardware* proprietários, a rentabilidade aumenta (29,4% em 2012 no caso da Oracle). Neste caso específico, ampliar a materialidade faz sentido enquanto isso for capaz de impor aprisionamento. No entanto, as novas tecnologias de bancos de dados em nuvem tendem a contestar essa estratégia.

errático. Ineficiências do ambiente podem inclusive tornar viáveis a reinvenção de soluções já existentes e o surgimento de modelos de negócio e aplicações de *software* que explorem justamente as idiosincrasias institucionais.

A trajetória brasileira, por exemplo, ao combinar expressivo avanço na digitalização de sua economia com baixa capacidade técnica e de inovação, timidez na padronização e ineficiências institucionais, polariza o país entre o incentivo à internalização dos desenvolvimentos específicos e a concentração das aplicações mais genéricas nas mãos de grandes fornecedores globais. A fatia que opera transitoriamente como mercado competitivo de *software* é bastante deprimida, ficando restrita ao reflexo das corridas pelo mercado no plano global e a certos nichos de limitada expressão. A presença brasileira em *software* é reflexo das inadequações institucionais do país à economia do *software*, especialmente no que se refere ao ambiente de negócios e de inovação e ao restrito e desarticulado repertório de políticas públicas voltado à digitalização. Mesmo os ditos casos de sucesso, como o sistema financeiro e a boa qualidade dos serviços de *software* sob encomenda, precisam ser relativizados. Essas trajetórias são, de fato, resultantes de estratégias defensivas e limitadas, que se posicionam à distância dos principais fluxos de geração e acumulação de valor que ocorrem globalmente na economia do *software*.<sup>19</sup>

## 7. Conclusões

A escolha do *software* para ser objeto central de reflexão não é fortuita. A partir das características técnicas que definem e distinguem essa tecnologia, discutimos neste artigo quais são os fundamentos econômicos que delas derivam logicamente e algumas de suas implicações para interpretar a realidade do avanço da digitalização da economia.

Uma importante limitação que tentamos superar é desvencilhar ao máximo a análise de rótulos como “setor de TICs”, “indústria de *software*” e “cadeias de valor”. Esses recortes foram sistematicamente evitados. Nossa experiência de pesquisa nos colocou diante dos sérios desafios implícitos no uso de dados e séries econômicas condicionadas por esses recortes. A dificuldade de extrair desses indicadores explicações amplas e convincentes para o desempenho brasileiro nos negócios e tecnologias digitais nos levou a recuperar os fundamentos teóricos em busca de novas abordagens possíveis.

19 O sistema financeiro brasileiro internaliza fortemente o desenvolvimento de *software* e pouco exporta suas soluções para outros contextos. *Softwares* sob encomenda sempre apresentam altos custos marginais e, por isso, não são altamente rentáveis. Estudo da Sociedade Softex (2012) mostra que a produtividade da indústria de *software* brasileira é decrescente, o que pode provavelmente ser explicado por seu posicionamento cada vez mais apartado das principais oportunidades de rentabilização.

Uma consequência importante da compreensão da dinâmica de forças da economia do *software* (sintetizada na Figura 1) é a demarcação de um tipo ideal para os negócios e empresas digitais, caracterizado pela forte tendência de concentração e a competição por meio de inovações e exemplificado no texto pelo caso dos sistemas operacionais para *smartphones* (seção 5.1). Esse tipo ideal contrasta com muitos casos observados em ambientes digitais deficientes, nos quais predominam competição por preço e verticalização ou desenvolvimento de *softwares* muito especializados (seção 5.3). Assim, do ponto de vista da economia do *software*, esses últimos seriam consequência de “falhas”, de amarras que impedem o pleno estabelecimento de sua dinâmica. Não são falhas de mercado no sentido clássico, afinal, em sua dinâmica plena, o *software* rapidamente solapa a competição no mercado. Há, portanto, um deslocamento importante de perspectiva. A análise da economia digital precisa, acima de tudo, ser capaz de identificar a presença e as causas dos fatores específicos que limitam a economia do *software*, seja para acelerar a dinâmica natural do *software*, seja para domá-la; seja no agregado da economia, seja (nesse caso sim) em setores específicos.

Trata-se, portanto, de uma extensa agenda de pesquisa a ser realizada em, pelo menos, três vertentes: prospecção tecnológica; novas metodologias de mensuração e monitoramento; e avaliação de estratégias privadas e políticas públicas.

A análise prospectiva das tecnologias operadas por *software* é essencial (seção 5.2). No terreno do *software*, o economista não pode se furtar de ser também um técnico. Mais do que em qualquer outro momento, a tecnologia precisa se tornar elemento central da análise econômica. A leitura dos sinais fracos emitidos pelas novas tecnologias e a medida de seu potencial em favorecer ou não a dinâmica da economia do *software* são elementos-chave para a compreensão de tendências de mais longo prazo e a formulação de recomendações que não sejam reativas. Formulações como “tecnologias que ampliam a imaterialidade e tornam o *hardware* mais opaco têm sempre boas chances e fortes incentivos econômicos para progredir; tecnologias que ampliam a dependência a *hardware* ou outros meios físicos, a recursos naturais ou a recursos humanos tendem a ter vida curta” precisam ser de compreensão instantânea para os economistas.

Na componente da prospecção, estudos de caso que façam a associação entre as forças da economia do *software* e o surgimento e difusão de tecnologias e novos negócios, tanto em casos de sucesso como de fracasso, seguramente serão ferramentas valiosas para a captar as nuances do processo e mapear modos específicos da interação da dinâmica do *software* com outras forças econômicas, institucionais e culturais.

A construção de indicadores mais adequados para a economia do *software* é tarefa incontornável para a superação das análises de corte industrial. Nesta frente, é preciso, sobretudo, aperfeiçoar metodologias para melhor enxergar empiricamente e monitorar as manifestações previstas pela dinâmica do *software*. É necessário, por exemplo, medir a digitalização da sociedade e das atividades econômicas, determinar a taxa de avanço da parcela imaterial na geração de valor e monitorar a propensão e a velocidade da concentração e da inovação. Tudo sempre com rebatimento espacial e setorial, no sentido de observar a penetração e os impactos do *software* no conjunto das atividades econômicas.

A digitalização da sociedade extrapola o âmbito estritamente econômico e há inúmeros fatores a serem considerados: criação e distribuição de competências digitais; disponibilidade e acesso à infraestrutura; difusão de *open source*; incentivos e restrições à inovação, ao risco e ao investimento; arcabouço legal e normativo; enfim, todos os fatores que podem reforçar ou neutralizar as forças da economia do *software* (seção 6).

Por fim, no que se refere ao estudo de estratégias privadas e políticas públicas, trata-se de aplicar o referencial teórico da economia do *software* tanto para avaliar a adequação de ações em curso quanto para propor alternativas. Por exemplo, no âmbito das políticas públicas, vale mesmo a pena enfatizar tanto a produção de *hardware* como faz a Lei de Informática? Qual seria o melhor mecanismo para incentivar empresas na economia do *software*? Basta ter acesso à Internet com banda (quase) larga para lograr uma digitalização virtuosa da sociedade e da economia? Qual será a inserção brasileira na economia global quando os negócios digitais representarem 20% do produto bruto mundial?

Boas respostas a essas perguntas dependem de avanços na compreensão do processo de digitalização e de seus impactos sobre a economia e a sociedade. Trazer o *software* para o centro da análise e buscar em sua dinâmica econômica *sui generis* as pistas para estudar a digitalização, e melhor lidar com seus desafios e oportunidades, nos parece bom caminho a seguir.

## Referências bibliográficas

- BOEHM, B. W.; SULLIVAN, J. Software economics: a roadmap. In: CONFERENCE ON THE FUTURE OF SOFTWARE ENGINEERING. *Proceedings...* ACM, 2000.
- BRESNAHAN, T. F.; STERN, S.; TRAJTENBERG, M. *Market segmentation and the sources of rents from innovation: personal computers in the late 1980's*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 1996 (NBER Working Paper Series, n. 5726).

- BROUSSEAU, E.; PENARD, T. The economics of digital business models: a framework for analyzing the economics of platforms. *Review of Network Economics*, v. 6, n. 2, 2007.
- CASTELLS, M. *The rise of the network society*. Massachusetts: Blackwell Publishing, 1996 (volume I of The information age: economy, society and culture).
- CGEE. *Plano estratégico de software e serviços de TI*. Brasília, 2012.
- DAALEN, O. van. The organization of the software industry: from a traditional and a transaction-cost perspective. 2001. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.203.4991&rep=rep1&type=pdf>>.
- DAVID, P. A. Clio and the economics of QWERTY. *The American Economic Review*, v. 75, n. 2, p. 332-337, 1985.
- DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. Uma proposta metodológica para a mensuração das atividades de *software* realizadas fora da indústria de *software*. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 10, n. 2, p. 371-406, jul./dez. 2011.
- DYSON, G. *Turing's Cathedral: the origins of the digital universe*. Random House LLC, 2012.
- KRETSCHMER, T. *Information and communication technologies and productivity growth: a survey of the literature*, Paris: OECD Publishing, 2012 (OECD Digital Economy Papers, n. 195).
- LANIER, J. *You are not a gadget*. Random House LLC, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Who owns the future?* Simon and Schuster, 2013.
- LÉVY, P. *Cibercultura*. 2. ed. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 2000.
- LINDEN, G.; KRAEMER, K. L.; DEDRICK, J. Who captures value in a global innovation network? The case of Apple's iPod. *Communications of the ACM*, v. 52, N. 3, p. 140-144, 2009.
- MANYIKA, J.; CHUI, M.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; BISSON, P.; MARRS, A. *Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute, May 2013.
- ROTMAN, D. How technology is destroying jobs. *MIT Technology Review Magazine*, Jul./Aug. 2013.
- SHAPIRO, C.; VARIAN, H. *Information rules: a strategic guide*. Harvard Business Press, 1998.
- SOFTEX. *Software e serviços de TI: a indústria brasileira em perspectiva*. Observatório Campinas: Softex, 2012.
- TEECE, D. J. Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, v. 43, p. 172-194, 2010.
- VARIAN, H. R.; FARREL, J.; SHAPIRO, C. *The economics of information technology: an introduction*. The Raffaele Mattioli Lectures. New York: Cambridge University Press, 2004.
- WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *Delivering digital infrastructure, advancing the internet economy*. Switzerland, Apr. 2014.