

INDÚSTRIA 4.0. POR QUE É (E NÃO PRECISARIA SER) TÃO DIFÍCIL NO BRASIL?



Luciano Coutinho

A NATUREZA DA REVOLUÇÃO DIGITAL E O AVANÇO DE ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS NACIONAIS

A poderosa onda de inovações tecnológicas nos últimos anos tem se caracterizado por significativa convergência e sinergia entre campos de conhecimento científico e tecnológico que eram até então relativamente apartados. Com efeito, o acelerado avanço das tecnologias de informação vem permitindo combinar diferentes bases científicas e técnicas de modo a solucionar desafios tecnológicos que pareciam invencíveis. O sequenciamento e a edição do DNA só se tornaram acessíveis em função da combinação da genômica com a computação de alto desempenho, com potência crescente e custos muitíssimos mais baixos. Veículos autoguiados estão sendo viabilizados por robótica combinada com *softwares* inteligentes e processadores especializados no reconhecimento de imagens. Inúmeros outros exemplos poderiam ser citados.

Os impactos disruptivos da convergência entre diferentes clusters de tecnologias – sob o impulso das tecnologias digitais – tendem a transformar paradigmas de produção (indústria 4.0), modelos de negócio, formas de concorrência, padrões de consumo e estilos de vida. Para não perder terreno em face dessas inovações, os países industriais avançados vêm adotando estratégias de longo prazo visando dominar as fronteiras das inovações e reforçar a competitividade de seus complexos industriais e de serviços.



Desde meados da década passada, Estados Unidos, Alemanha, Coreia do Sul, China, França, Japão e Reino Unido lançaram estratégias industriais ambiciosas, com visão de longo prazo e centrada em programas de ciência, tecnologia e inovação. Recentemente, os governos destes países revisitaram e reafirmaram essas estratégias: por exemplo, a China reforçou o plano *Made in China 2025*, priorizando o avanço em semicondutores e inteligência artificial; a Alemanha reiterou a iniciativa *Industrie 4.0*, introduzindo a *High Tech Strategy 2025* com ênfase em saúde e sustentabilidade ambiental; nos Estados Unidos, o presidente Biden outorgou status ministerial à Secretaria de Ciência e Tecnologia com orçamento substancialmente reforçado e destaque para inteligência artificial, computação quântica e semicondutores avançados.

O IMPACTO DA COVID-19, A SIGNIFICATIVA REORIENTAÇÃO DAS POLÍTICAS AMBIENTAIS E OS DESAFIOS DA RECUPERAÇÃO ECONÔMICA

Em 2020, a dramaticidade da pandemia da COVID-19 despertou nas sociedades industriais a compreensão da importância de deter capacitação científica e tecnológica própria para responder aos desafios de crises sanitárias. A partir desta consciência, ganhou prioridade o apoio público aos ecossistemas de inovação em saúde. Neste sentido, a capacitação para inovar e produzir vacinas, medicamentos imunobiológicos e farmacêuticos, equipamentos críticos para unidades de terapia intensiva, serviços essenciais de testagem, monitoramento de mutações virais e outros têm sido objeto de fomento nos países industriais avançados.

Em consequência, dada a relevância do complexo econômico-industrial e tecnológico da saúde, este tende a funcionar como vetor positivo para a recuperação da economia. Apesar do mesmo anseio por segurança sanitária, essa mesma afirmação não é necessariamente verdadeira para as economias em desenvolvimento, em função das fragilidades dos seus complexos industriais e de suas bases de C&T e das dificuldades fiscais agravadas pela COVID-19.

Da mesma forma que a pandemia tornou indubitável a relevância da capacitação em saúde, evidências inegáveis a respeito dos efeitos catastróficos das mudanças climáticas vêm inquietando sociedades e governos e isso catalisou mudanças nas estratégias de sustentabilidade ambiental. O anúncio surpreendente da meta de tornar a matriz energética da China “carbono-neutra” até 2060, feito pelo presidente Xi Jinping na abertura da Assembleia Geral da ONU, em setembro de 2020, abriu o caminho para uma sequência de compromissos ambiciosos por parte de outros países. Essas iniciativas foram coroadas pela vigorosa retomada da política ambiental norte-americana pelo governo Biden e pela bem-sucedida realização de reunião de Cúpula do Clima em abril de 2021, reunião essa que consolidou e reforçou novas e ambiciosas metas de descarbonização, compreendendo as 40 economias mais importantes¹.

Assim, a emergência da grande pandemia da COVID-19 e a premência do desafio climático aduziram novas dimensões à agenda de recuperação do crescimento econômico e de geração de empregos de qualidade, reforçando nas sociedades a percepção quanto à imprescindibilidade da contribuição da ciência, tecnologia e inovação e da iniciativa indutora do Estado.

As sequelas sociais e econômicas da pandemia, tais como níveis mais elevados de desemprego, perda de rendas, falências de pequenas e médias empresas, ociosidade em vários setores da indústria e dos serviços, tornaram a recuperação econômica mais difícil e desafiadora. Excetuando-se a possibilidade de um novo período favorável e duradouro de preços e exportação de *commodities* – que poderia redinamizar setores da agropecuária, mineração e metais, porém com impactos limitados a esses setores e respectivas regiões –, a recuperação do crescimento na grande maioria das economias em desenvolvimento dependerá da articulação e indução pelo governo de ciclos macroeconomicamente relevantes de investimentos em infraestruturas.

A indução firme e previsível de tais investimentos requer a preparação de uma grande carteira de projetos tecnicamente consistentes, com taxas de retorno atrativas. É importante sublinhar que esses novos projetos precisarão levar em conta as transformações da revolução digital em curso. A digitalização das infraestruturas tende a ser horizontal e a produzir ganhos significativos de eficiência, redução do consumo de energia e de emissões de carbono – além de aperfeiçoamentos na engenharia, *design*, operação e das possibilidades de criação de novos serviços e receitas para os projetos.

Portanto, a digitalização é chave para alavancar as externalidades positivas das infraestruturas, facilitando a obtenção de maiores ganhos sistêmicos de produtividade. Isto significa que os investimentos em novas infraestruturas precisam estar estreitamente associados a indústrias e serviços intensivos em conhecimento, tais como Internet das Coisas, telecomunicações 5G e sistemas de inteligência artificial.

Dessa forma, o investimento em infraestrutura não apenas ampliará a oferta de bens e serviços de elevado interesse social (em saúde, saneamento básico, habitação, transporte de massa), como estimulará a retomada da indústria através da compra de insumos básicos, equipamentos e bens de capital e, ainda mais, fomentará o desenvolvimento de *softwares*, sistemas de gestão e operação, aplicativos, algoritmos e equipamentos dedicados que podem abrir oportunidades de criação e ocupações de alta qualidade em *startups* e PMEs de base tecnológica . Ou seja, para poder se acoplar à recuperação econômica e contribuir qualitativamente para que ela ocorra, a indústria terá que acelerar o passo em direção ao paradigma 4.0.

O IMPACTO DA DIGITALIZAÇÃO (4.0) SOBRE MODELOS DE NEGÓCIO E CONCORRÊNCIA

A integração digital abrangente e online nas cadeias de valor começa a ganhar tração na maioria das economias desenvolvidas e, em consequência, os modelos de negócio das empresas e suas respectivas cadeias vêm evoluindo em direção a modelos integrados, conectados, inteligentes e servicizados (4.0). Os diferentes elos das cadeias de valor e das atividades intraempresa ficarão tão integrados (independentemente das respectivas localizações físicas) que suas fronteiras tendem a se desfazer.

Serão cadeias inteligentes porque informações econômicas e técnicas serão captadas e processadas *online*, de modo que, através de algoritmos de inteligência artificial, decisões de ações e reações a fenômenos produtivos e mercadológicos poderão ser delegadas a equipamentos e sistemas digitais. Modelos dessa natureza permitem que as empresas forneçam bens e serviços intrinsecamente complementares, ou que, ao invés de apenas vender, comercializem o uso de bens sob a forma de serviços.

Ao gerar novas eficiências e vantagens competitivas, tais modelos aceleraram as estratégias empresariais de digitalização dos processos, produtos e cadeias de valor, viabilizando a otimização da gestão de toda a cadeia. Por exemplo, será possível aumentar precisão dos parâmetros de eficiência em todos os elos, combinando escala com diferenciação e customização de produtos conectados/inteligentes e, no limite, personalizando tais bens de consumo. Agricultura de precisão e medicina personalizada, por exemplo, são conceitos que já se tornam operacionalizáveis com base em *clusters* de inovações combinadas.

Sob essas pressões competitivas ditadas pela digitalização e pela servicização, as empresas precisarão se transformar tempestivamente. Em consequência, as estruturas de mercado vêm se tornando mais instáveis e vulneráveis à entrada de novos concorrentes mais proativos e mais flexíveis em face de diferentes formatos empresariais.



De fato, observa-se em muitos setores maior permeabilidade a mudanças de liderança. Por isso, a lentidão em absorver as inovações pode custar caro às empresas retardatárias e às respectivas cadeias. Não por outra razão, os países industriais avançados vêm adotando políticas ativas de suporte à digitalização, especialmente voltadas a PMEs e a cadeias setoriais consideradas estratégicas.

A Figura 1, a seguir, extraída do Estudo da Indústria 2027 da CNI², com base em pesquisa de campo inédita, que consultou uma amostra representativa da indústria brasileira, revelou que, apesar de ser ainda muito pequena (1,6%) a participação de empresas que, em 2017, já tinham em curso planos de implementação do paradigma 4.0, essa proporção saltaria para 23,9% em dez anos (2027). A figura também mostra que o avanço da digitalização da geração 3.0 saltaria de 22,8%, em 2017, para 36,9%, em 2027, de modo que, somadas, as gerações G4 e G3 alcançariam a expressiva marca de 60,8% da indústria.



Figura 1

Essa visão prospectiva das empresas refletia: 1) um grau elevado de consciência a respeito da relevância da digitalização e da necessidade de caminhar em direção ao novo paradigma 4.0, posto que 65% consideravam alta ou muito alta a probabilidade de a geração 4.0 tornar-se dominante no seu respectivo setor; 2) expectativas razoavelmente otimistas quanto à possibilidade de alcançar níveis de digitalização mais avançados ao longo do decênio 2017-2027, compreendendo as principais funções empresariais (gestão empresarial, integração da cadeia de fornecedores, relações com clientes e usuários).

Porém, é relevante sublinhar que a amostra indicou um elevado percentual (75,6%) de empresas que, em 2017, encontravam-se defasadas, sob as gerações 1.0 e 2.0. Não obstante, uma parte expressiva destas (36,4%) vislumbrava a possibilidade de adotar níveis mais elevados de digitalização (3.0 ou 4.0), de modo que, em 2027, o percentual de empresas defasadas cairia para 39,2%.

A constatação de que uma fatia relevante não ambicionava progredir representa um alerta a respeito da necessidade de políticas e programas de estímulo à digitalização³.

O SOFRÍVEL DESEMPENHO DA ECONOMIA E DA INDÚSTRIA BRASILEIRA NUM QUADRO DE AUSÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE LONGO PRAZO

O desempenho da economia brasileira no quinquênio 2015-2020 foi lamentavelmente medíocre. Após a severa recessão de 2015-2016 (queda de 6,9% no acumulado), o crescimento do PIB foi muito lento entre 2017 e 2019 (1,1% ao ano). Em 2020, sobreveio a crise da COVID-19, cujo forte impacto inicial foi mitigado pelas maciças transferências emergenciais de renda, resultando em quedas do PIB de 4,1% e da indústria total de 3,5%⁴.

Em função de forte recidiva da COVID-19 no 1º quadrimestre de 2021, do surgimento de pressões inflacionárias e da sensível deterioração de expectativas, há grande incerteza em relação à recuperação econômica neste ano. Especialistas temem que a parcimônia do novo auxílio emergencial, com constrição dos investimentos públicos e elevação da taxa de juros venham a desacelerar a economia. Em 2020, os dispêndios extraordinários autorizados pela PEC da Calamidade Pública contribuíram para forte elevação da relação dívida bruta/PIB (de 74,3% do PIB, em 2019, para 88,8%, em 2020), agravando a pressão dos mercados financeiros sobre as taxas de juros de longo prazo.

Mais além do crescimento bisonho do PIB e do retrocesso da indústria⁵, a falta de estratégia nacional de desenvolvimento vem marcando o país desde a crise política de 2015-2016. Além da adoção de uma agenda liberal centrada unicamente em reformas fiscais e que pressupõe que o crescimento brotará espontaneamente, a adoção de legislação fiscal muito rígida, especialmente a Emenda Constitucional do Teto dos Gastos Públicos, criou constrangimentos contraproducentes para os investimentos em infraestruturas e em ciência, tecnologia e inovação – CT&I. O atual governo radicalizou essa postura, adotando uma versão ultraliberal historicamente datada e obsoleta, onde não há lugar para estratégias articuladas de desenvolvimento com visão de longo prazo.

Assim, em flagrante contraste com as economias industriais avançadas (desenvolvidas e em desenvolvimento), que reforçaram na última década estratégias de longo prazo de CT&I orientadas por missões e por prioridades societárias, suportadas por metas ambiciosas, uso do poder de compra e orçamentos previsíveis, o Brasil atravessa um vácuo de planejamento e de reflexão estratégica.

Ainda mais grave, essa falta de estratégia é corroborada na prática por uma política orçamentária punitiva aos investimentos públicos e ao fomento à CT&I.

O avanço do sistema empresarial brasileiro em direção ao paradigma 4.0 tornou-se indubitavelmente mais difícil nesse contexto de desindustrialização, de falta de perspectiva de crescimento sustentado e de marcante ausência de um projeto de desenvolvimento de longo prazo capaz de alinhar objetivos, prioridades e esforços entre o Estado e o setor privado.

COMO A TRANSIÇÃO PARA O PARADIGMA 4.0 PODERIA SER MAIS FÁCIL

Apesar deste contexto adverso, é racional esperar que um grupo de empresas competitivas, consciente de quão crucial é a digitalização para uma inserção favorável nas cadeias globais de valor, irá implementar planos de aprendizado e de adoção dos sistemas 4.0. É possível até que esse grupo, que na pesquisa de 2017 representava pouco menos que uma quarta parte da indústria (esperada para 2027), ganhe maior expressão à medida que os seus processos de aprendizado possam ser replicados e à medida que os provedores de soluções 4.0 (equipamentos, engenharia e *softwares*) sejam capazes de desenvolver soluções mais amigáveis a custos mais acessíveis. Por exemplo, subsidiárias de empresas transnacionais radicadas no Brasil podem se beneficiar de processos de aprendizado compartilhados sob a direção da matriz, em cooperação com outras subsidiárias mais avançadas. Do mesmo modo, empresas brasileiras líderes de mercado, que mantêm atividades de P&D e estão expostas à concorrência internacional, tenderão a se mobilizar em direção ao padrão 4.0, apesar das incertezas prevalentes no mercado interno.

Portanto, a atenção deveria se concentrar no grande contingente tecnologicamente defasado (atrelado às gerações 1.0 e 2.0), que na pesquisa de 2017 representava 75% da amostra de empresas industriais, especialmente porque quase 40% deste contingente não intencionava progredir entre 2017 e 2027. É possível que as atuais incertezas e falta de perspectivas de crescimento econômico, combinadas com ausência de políticas de fomento à digitalização, contribuam para aumentar mais esse grupo de empresas “desalentadas”. Neste cenário, o processo de digitalização empresarial tenderia a se polarizar entre um grupo de empresas capacitadas que investe para alcançar o padrão 4.0 e um numeroso grupo de empresas defasadas que não consegue avançar e corre riscos crescentes de exclusão.

Exatamente para prevenir esses riscos de exclusão, vários países de uma amostra selecionada pelo Institute for Manufacturing – IfM, da Universidade de Cambridge, Reino Unido, em estudo comissionado pela CNI para o projeto I-2027⁶, empreendiam programas de fomento à digitalização de empresas defasadas, especialmente de médio e pequeno porte. Com base em experiências da Alemanha, China, Cingapura, Dinamarca, Estados Unidos, Irlanda e Suécia, o IfM apontou os seguintes traços comuns de tais iniciativas:

- a) implementação de programas efetivos de capacitação de empresas (não apenas ações de *soft support*) por meio de atividades de treinamento, apoio técnico, acesso a laboratórios e a *test beds*, consultoria e serviços qualificados de disseminação de *softwares* de gestão empresarial (ERPs), *retrofit* e automação da manufatura;
- b) coordenação e formação de redes entre ICTs, instituições e agências públicas e empresas provedoras, no sentido de fomentar a interação entre pesquisadores, engenheiros de produção, produtores de equipamentos e desenvolvedores de *softwares* em torno a projetos 4.0 que possam ser facilmente replicáveis e de baixo custo;
- c) formação de recursos humanos de nível superior através de programas intensivos de treinamento, visando à capacitação e difusão de tecnologias novas;
- d) programas de apoio ao *scaling up* e/ou à “manufaturabilidade” de tecnologias emergentes por meio projetos-piloto, fábricas de demonstração e *test beds*.

PONTOS DE CONCLUSÃO

Os pesquisadores do IfM assinalaram que o levantamento realizado não foi exaustivo nem pretende que possa ser automaticamente transplantado ao caso brasileiro. Trata-se apenas de exemplificar como os desafios da digitalização são intrincados e difíceis para empresas defasadas e que tais desafios não necessariamente serão vencidos com velocidade necessária para defletir os riscos de exclusão. Como o paradigma 4.0 compreende a digitalização de toda a cadeia de valor, o atraso ou falha nos elos defasados pode comprometer o avanço do conjunto. É para prevenir esse risco que se justificam os programas supracitados.

No caso da indústria brasileira predomina marcante heterogeneidade de gerações tecnológicas, por tamanho das empresas, setores e regiões, mas, também, por dentro das fábricas, que mantêm máquinas e equipamentos com dispositivos de diferentes idades tecnológicas, variando desde controles numéricos simples, controles computadorizados até computadores capazes de otimizar processos.

No caso das MPEs, diante da impossibilidade financeira de trocar equipamentos ou linhas de produção antigas, a migração para sistemas 4.0 precisa ser feita passo a passo, de forma customizada, através do *retrofit* da planta industrial – processo que demanda apoio de empresas especializadas de engenharia e *software*. Essas empresas, conhecidas no mercado como “integradoras”, acoplam sensores especiais às máquinas analógicas, modernizam os controles computadorizados e conectam o conjunto de máquinas, *online*, a *softwares* de execução integrada da produção. Essa integração completa da produção fabril será acoplada posteriormente aos *softwares* de gestão integrada da empresa, conhecidos como ERPs (*enterprise resources planning*).

Em resumo, a migração customizada para o padrão 4.0 pode ser feita de modo adaptativo, minimizando o custo do investimento, de modo a torná-lo acessível às médias e pequenas empresas.

Não se trata, portanto, de um desafio intratável. Pouco mais de uma centena de empresas integradoras qualificadas prestam “serviços 4.0” nos principais centros industriais do país. Porém, para acelerar o processo de digitalização, seria necessário qualificar e aumentar o número dessas empresas integradoras e criar um programa nacional consistente e estruturado que pudesse coordenar os esforços de várias instituições e ecossistemas.

O país dispõe de instituições de apoio a inovação, treinamento e gestão que podem ter papel relevante na concepção e difusão de soluções adaptadas e acessíveis de digitalização, tais como: núcleos e departamentos universitários de engenharia industrial e de automação; o Sistema SENAI e seus Institutos; centros e institutos estaduais de serviços técnicos e tecnologia industrial básica; instituições de apoio à gestão, como o SEBRAE. Devidamente mobilizadas, essas instituições poderiam trabalhar coordenadamente.

As grandes empresas, a montante ou a jusante nas cadeias de valor, podem ajudar a digitalização mais rápida de seus fornecedores e usuários, promovendo treinamentos e demonstrativos de soluções digitais. Em relação ao financiamento, dever-se-ia oferecer crédito a MPEs em condições adequadas para financiar pacotes de equipamentos, softwares e serviços de integração 4.0.

A partir de lições de experiências bem-sucedidas, como o “Brasil Mais Produtivo”, poder-se-ia pensar num programa nacional de disseminação de soluções digitais adequadas ao perfil das empresas, levando em conta as realidades regionais, espaciais e setoriais, com metas e contrapartidas estabelecidas. É isso que os países industriais avançados vêm fazendo para tornar prático e fácil o caminho para o 4.0.



Luciano Coutinho

Professor do Departamento de Economia da UNICAMP

Formado em Economia, pela Universidade de São Paulo. Mestre em Economia, pelo Instituto de Pesquisas Econômicas da USP. Ph.D em Economia, pela Universidade de Cornell. Foi Professor do Instituto de Economia da Unicamp (1974-2006); Coordenador do Programa de Pós-graduação da Unicamp (1974-1979); Professor Visitante da Universidade do Texas e da Universidade Paris XIII. Foi Secretário Geral do Ministério da Ciência e Tecnologia (1985-1988) e Ex-Presidente do BNDES (2007 a 2016). Atualmente, é Professor Colaborador do IE-Unicamp e exerce atividades de assessoria como sócio da Macrotempo Economia e Finanças S/S.

NOTAS E REFERÊNCIAS

- 1** A expectativa é que a próxima conferência da ONU sobre a mudança climática, a COP26, a ser realizada em Glasgow, Reino Unido, em novembro próximo, possa lograr avanços efetivos, mediante a adoção de metas mais arrojadas e da ampliação do número de países com metas credíveis de descarbonização.
- 2** Vide relatórios do estudo INDÚSTRIA 2027 – Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas; <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/>
- 3** Uma versão atualizada da referida pesquisa de campo foi realizada em 2020, pelos Institutos de Economia da UFRJ e da UNICAMP, e se encontra em processo final de análise estatística. Dentro em breve será possível publicar estudos comparativos a respeito das mudanças nas expectativas empresariais diante da digitalização, ocorridas entre 2017 e 2020.
- 4** A indústria de transformação-IT teve queda acumulada de 11,1%, de 2015 a 2017, e cresceu apenas 0,5% ao ano em 2018 e 2019. Em 2020, em razão da crise da COVID-19, a IT acumulou queda de 4,3%. Já a indústria extrativa cresceu 1,3% em 2020, de modo que a indústria geral apresentou queda de 3,5%. As séries dessazonalizadas do IBGE mostram que o PIB da indústria geral no 4º trimestre de 2020 encontrava-se 11% abaixo do pico alcançado no 3º trimestre de 2013.
- 5** O processo de desindustrialização da economia brasileira veio se desdobrando paulatinamente desde a 2ª metade dos anos 90 (estabilização com juros muito elevados e câmbio sobrevalorizado), ganhou novo impulso no período de 2010 a 2014 (perda de dinamismo e apreciação cambial) e se acelerou velozmente durante o período recente de crise entre 2015 e 2020. Segundo o ranking mundial da UNIDO, a indústria brasileira despencou da 10ª posição, em 2010, para a 16ª, em 2019, perdendo posições para outras economias asiáticas emergentes, tais como a Indonésia. Vide UNIDO, Country Profiles, setembro de 2020, conforme estimativa de Rafael Cagnin do IEDI.
- 6** Vide Position Paper: A review of international approaches to industrial innovation: lessons to inform Brazil's I-2027 strategy, IfM Education and Consultancy Services-UCS, University of Cambridge, 2018k.