



Marcio Pochmann

**A engenharia diante
a nova sociedade de
serviços hiperconectada
da era digital**

A engenharia diante a nova sociedade de serviços hiperconectada da era digital

A modernidade industrial, consolidada ao longo dos séculos XIX e XX, foi edificada sobre o aço, o vapor, a eletricidade e o petróleo, produtos da segunda Revolução Industrial proveniente dos países do Norte Global. A engenharia foi o instrumento privilegiado de sua materialização desde as estradas de ferro que costuraram continentes, hidrelétricas que iluminaram metrópoles, redes de saneamento que ampliaram a expectativa de vida e sistemas de produção em escala que multiplicaram a riqueza das nações.

Esse paradigma da modernidade Ocidental fundamentado na transformação de matérias-primas em bens físicos por meio de processos mecânicos e energéticos progressivamente sofisticados dominou o imaginário econômico e a agenda das políticas públicas por mais de dois séculos. Mas a partir da segunda metade do século XX, e de modo acelerado nas três primeiras décadas do século XXI, um novo paradigma civilizatório passou a emergir.

De um lado, o avanço da nova sociedade de serviços hiperconectada e, de outro, o deslocamento do centro dinâmico mundial do Ocidente para Oriente e dos países do Norte para o Sul Global. Este inédito movimento perseguiu o rastro da globalização marcado pelo enfraquecimento do receituário neoliberal e pelo esfacelamento da Guerra Fria que demarcou a centralidade da ordem mundial definida desde o fim da Segunda Guerra Mundial.

Esse novo fenômeno vem sendo acompanhado tanto pela introdução de novos métodos de produção como a fusão de tecnologias inéditas que borram as linhas entre as esferas física, digital e biológica. Se outrora a engenharia era definida primordialmente pela manipulação da matéria e da energia para a produção em massa de bens tangíveis, hoje ela se volta para a orquestração de dados, fluxos de informação e a provisão de serviços inteligentes.

Ressalta-se que no passado, a sociedade urbano-industrial era caracterizada pela centralização produtiva, pela urbanização acelerada em torno de polos fabris e por uma infraestrutura rígida. Em contrapartida, a sociedade de serviços hiperconectada se mantém fluida, descentralizada e dependente de uma infraestrutura invisível, porém onipresente por meio da rede de dados.

A hiperconectividade, termo que descreve o estado de estar constantemente conectado através de múltiplos dispositivos e interfaces, alterou profundamente as expectativas sociais e os modelos de negócio. Nela, a criação de valor desloca-se progressivamente da produção de bens físicos para a geração, processamento e distribuição de informação, conhecimento e experiências. Plataformas digitais substituem fábricas como epicentros econômicos.

Por meio dos algoritmos, as operações manuais seguem sendo substituídas, enquanto a conectividade ubíqua mediada por smartphones, sensores, redes 5G e computação em nuvem redefine as relações entre produtores e consumidores, entre cidades e territórios, entre trabalhadores e mercados. Nesse contexto que se apresenta uma questão central: qual é o papel da engenharia nessa nova sociedade em transformação acelerada?

Teria ela se tornado secundária, suplantada por economias de plataforma, designers de experiência e cientistas de dados, entre outros? Ou, pelo contrário, a engenharia se transformaria em múltiplas formas, permanecendo no centro da construção da nova ordem produtiva a partir de roupagens distintas e com desafios renovados?

O presente artigo sustenta a segunda hipótese. Por meio de revisão bibliográfica e análise comparativa, argumenta-se que a engenharia não apenas persiste como atividade estruturante, mas se

torna ainda mais estratégica na Era Digital. É ela que projeta as infraestruturas ciber-físicas, codifica a inteligência dos sistemas automatizados, garante a segurança e a resiliência das redes e decide em última instância quem tem acesso aos benefícios da hiperconectividade.

Justamente neste cenário que o papel da engenharia se redefine de forma drástica. Ela deixa de ser apenas uma disciplina de construção e manutenção de ativos físicos para se tornar uma ciência de integração sistêmica e da engenharia de valor.

O engenheiro contemporâneo atua como o arquiteto de ecossistemas complexos onde o *hardware* e o *software* são indissociáveis. Essa renovação conceitual recoloca a engenharia fundamenta em novas perspectivas a partir da economia de serviços que oferece caminhos distintos para se redefinir com os desafios da nova Era Digital.

A engenharia na sociedade urbana e industrial

A Primeira Revolução Industrial ocorrida na Europa entre os anos de 1760 e 1840 lançou as bases de uma nova relação entre conhecimento técnico e produção econômica. A invenção e aprimoramento da máquina a vapor, resultado de décadas de experimentação empírica e matemática, simboliza a emergência do engenheiro como figura central do progresso material.

Como observa Mokyr (1990), a Revolução Industrial não foi apenas uma revolução tecnológica, mas uma revolução do conhecimento útil, na qual o saber técnico sistematizado tornou-se fonte primária de vantagem produtiva. No século XIX houve a consolidação das grandes engenharias de infraestrutura, sendo a civil, responsável por ferrovias, pontes e portos; a hidráulica, que domou rios para abastecimento urbano, e a mecânica, que presidiu a mecanização das manufaturas têxteis e metalúrgicas.

Pela Segunda Revolução Industrial alastrada da Europa para os Estados Unidos entre as décadas de 1870 e 1914, a emergência das engenharias elétrica e química consolidou setores inteiramente novos. A geração e distribuição de energia, telecomunicações primitivas, fertilizantes e fármacos, por exemplo, transformaram tanto a produção quanto o cotidiano urbano (Chandler, 1990).

No lastro da nova revolução industrial, o fordismo-taylorismo dominante no século XX desde os Estado Unidos se difundiu pelo mundo após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Concomitante a modelização do perfil específico de engenheiro, altamente especializado, orientado para a eficiência de processos, familiarizado com métodos quantitativos e capaz de gerir grandes equipes de trabalhadores semiquilificados.

A organização científica do trabalho, preconizada por Frederick Taylor e operacionalizada por Henry Ford desde a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) se mostrou essencialmente para o projeto de engenharia aplicado à produção em escala (Braverman, 1974). Esse modelo associou definitivamente o engenheiro ao controle racional do espaço fabril e à padronização dos processos produtivos.

A engenharia no Brasil industrial

No Brasil que buscou se libertar do atraso do escravismo e transita para o capitalismo, ao final do período monárquico (1822-1889), a instalação da engenharia transcorreu concomitantemente associada ao projeto estatal de modernização. A criação da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em 1874, e da Escola de Engenharia de São Paulo, em 1893, refletiu a demanda por quadros técnicos capazes de liderar a expansão ferroviária, o saneamento das cidades portuárias e, posteriormente, a industrialização substitutiva de importações (Motoyama, 2004).

No ciclo nacional desenvolvimentista em que prevaleceu a transição do longo e primitivo agrarismo para a moderna sociedade industrial e urbana entre as décadas de 1930 e 1980, coube a engenharia um papel quase mítico na narrativa nacional.

A construção de Brasília, a expansão da Petrobras, a criação da Embraer, a implantação do sistema hidrelétrico responsável por mais de 60% da matriz elétrica nacional foram alguns dos exemplos que ilustraram simultaneamente as obras de engenharia e os símbolos de soberania tecnológica. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, criado em 1952, operou durante décadas como financiador privilegiado da engenharia de grande porte (Suzigan & Furtado, 2006).

Essa trajetória, contudo, gerou também dependências e fragilidades. A engenharia brasileira desenvolveu-se fortemente no segmento de obras de infraestrutura pesada e de extração de recursos naturais, mas demonstrou menor capacidade de inovar em engenharia de produtos e em processos industriais sofisticados, diferentemente de outras experiências como na Coreia do Sul e Taiwan, onde estratégias deliberadas de catching-up tecnológico produziram indústrias exportadoras de bens de alto valor agregado (Arbix & Martin, 2010).

A engenharia frente a sociedade de serviços hiperconectada da Era Digital

A expressão sociedade pós-industrial cunhada originalmente por Daniel Bell (1973) há meio século serviu de descrição para uma economia na qual o setor de serviços superaria a indústria em emprego e valor adicionado. Para isso, o conhecimento teórico e não mais somente o capital físico torna-se iam o principal recurso estratégico.

Nos dias de hoje, o que era uma previsão se confirmou realidade. De acordo com dados do Banco Mundial, por exemplo, o setor de serviços responde por cerca de quatro quintos do PIB global e uma por parcela ainda maior do emprego qualificado nos países de renda alta.

Para além do diagnóstico belliano, todavia, a sociedade contemporânea foi além. O adjetivo hiperconectada captura uma dimensão qualitativa que Bell não pôde antecipar. A integração de bilhões de dispositivos em redes de comunicação de baixíssima latência, gerando fluxos contínuos de dados que alimentam sistemas de inteligência artificial capazes de tomar decisões em frações de segundo.

A nova configuração da sociedade em rede (Castells, 1996) permitida a partir da conectividade que supera as fronteiras física da organização de populações em territórios que dividem o Planeta Terra recolocou novas questões para o sistema interestatal que emergiu há quatro séculos, com o fim da Guerra dos Trinta Anos, em 1648. Assim, a composição e distribuição do poder e riqueza no mundo passaram a estar submetida aos vetores tecnológicos intrínsecos da revolução informacional.

Quatro grandes vetores tecnológicos sustentam a consolidação da sociedade hiperconectada. O primeiro é a Internet das Coisas (IoT), que conecta objetos físicos (máquinas, veículos, edifícios, corpos humanos) a redes digitais, gerando dados em escala sem precedentes. O segundo é a computação em nuvem e o *edge computing*, que distribuem capacidade de processamento e armazenamento de forma elástica e economicamente eficiente.

O terceiro grande vetor tecnológico é a inteligência artificial e o aprendizado de máquina que extraem padrões e geram valor a partir de volumes massivos de dados. O quarto, por fim, são as redes de quinta geração (5G), que viabilizam a comunicação ultraconfiável de baixíssima latência entre dispositivos e sistemas (Brynjolfsson & McAfee, 2014).

A convergência desses vetores caracterizam a integração vertical e horizontal de sistemas produtivos por meio de plataformas ciber-físicas. Diferentemente das duas revoluções industriais, a revolução informacional tem sido demarcada pela velocidade de sua difusão no mundo, pelo escopo

abrangente e pelo impacto sistêmico sobre o mercado de trabalho, as cadeias de valor e as estruturas de governança.

Nesse sentido, economia dos países tem sido exposta a um novo elemento definidor reorganizador imposto pela emergência das plataformas digitais. Isso porque diferentemente das empresas industriais tradicionais que criam valor por meio da transformação de insumos em produtos, as plataformas geram valor facilitado pelas interações entre múltiplos grupos de usuários (Parker, Van Alstyne & Choudary, 2016).

Corporações transnacionais como Amazon, Alphabet, Alibaba, Uber, Airbnb e suas congêneres, operam pela nova lógica de acumulação de capital. O seu ativo fundamental deixou de ser a exclusividade da organização produtiva estabelecida em local concreto como a fábrica na Era Industrial para assumir a forma do ecossistema digital que orquestra oferta e demanda em escala global.

Para a engenharia, essa mudança tem implicações profundas. Os sistemas que sustentam essas plataformas como os algoritmos de recomendação, sistemas de pagamento, infraestruturas de dados, protocolos de segurança cibernética são projetos de engenharia de alta complexidade. Ao mesmo tempo operam também como projetos radicalmente diferentes dos que dominaram o passado da Era Industrial, por meio da novidade da imaterialidade escalável e sem custos marginais significativos sujeitos a externalidades de rede e operando em contextos regulatórios ainda em construção.

A reconversão do papel da engenharia na Era Digital

A consolidação da nova sociedade hiperconectada não elimina a demanda por engenharia, muito pelo contrário, pois a amplia e a complexifica. O conceito de sistema ciber-físico (CPS), introduzido por Lee (2008), captura essa nova realidade através dos sistemas nos quais componentes computacionais e físicos estão profundamente integrados, de modo que o comportamento de cada parte depende do comportamento da outra.

As fábricas inteligentes, as redes elétricas autorreguladas (smart grids), os veículos autônomos e as cidades inteligentes (smart cities) são exemplos de CPS que exigem competências de engenharia simultaneamente no domínio físico e no digital. Esse hibridismo exige do engenheiro contemporâneo uma formação que transcende a especialização disciplinar tradicional.

Em função disso, o engenheiro mecânico que projeta um veículo elétrico autônomo precisa de uma formação mais ampla que permita compreender, por exemplo, os algoritmos de visão computacional. Também o engenheiro civil que planeja uma cidade inteligente precisa dialogar com arquitetos de dados e especialistas em segurança cibernética. O engenheiro de produção que implementa uma linha automatizada precisa entender de aprendizado de máquina e de gestão de mudança organizacional.

A interdisciplinaridade não é mais um diferencial, pois se tornou um requisito fundamental. Uma das transformações mais significativas das últimas décadas é a elevação da engenharia de software ao status de infraestrutura básica da civilização contemporânea.

As redes de energia, os sistemas financeiros, as cadeias de abastecimento de alimentos, redes de saúde e os sistemas eleitorais dependem, por exemplo, de código-fonte para funcionar. Quando esse código falha ou é comprometido, as consequências são tão graves quanto o colapso de uma ponte ou o apagão de uma usina (Andreessen, 2011).

Isso confere à engenharia de *software* uma responsabilidade pública que as sociedades democráticas ainda estão aprendendo a regular. Algoritmos de decisão automatizada impactam vidas

humanas em que processos de concessão de crédito, recrutamento, diagnóstico médico e policiamento preditivo sob os quais a opacidade dos sistemas de responsabilização tradicionais não conseguem capturar.

O debate em torno da responsabilidade algorítmica é simultaneamente técnico, jurídico e ético (O'Neil, 2016; Pasquale, 2015). Neste novo quadro de exigências formativas, demanda do engenheiro competências amplia-se para muito além do domínio técnico estrito.

Também cabe destacar que a configuração da sociedade de serviços hiperconectada da Era Digital ocorre em meio a uma crise ecológica de proporções históricas. A engenharia é chamada a desempenhar papel central na descarbonização dos sistemas energéticos, na promoção da economia circular, na agricultura de precisão com baixo impacto ambiental e na gestão inteligente de recursos hídricos.

O conceito de engenharia sustentável integradora dos critérios ambientais, sociais e de governança ao ciclo de vida dos projetos emerge como novo paradigma formativo e profissional (ASCE, 2018). Nesse ponto, em especial, a digitalização e a sustentabilidade convergem de modo produtivo.

A partir dos gêmeos digitais (digital twins) a possibilidade da simulação do desempenho ambiental de infraestruturas antes de construí-las, bem como os sensores IoT permitem monitorar as emissões em tempo real e os algoritmos de inteligência artificial (IA) otimizam o despacho de energias renováveis intermitentes.

A engenharia da Era Digital é, portanto, uma engenharia necessariamente comprometida com a longevidade biofísica do planeta, o que implica reorientar métricas de sucesso de projetos, dos critérios de financiamento e das normas profissionais.

O paradoxo da engenharia brasileira na Era Digital

O Brasil ocupa uma posição paradoxal no mapa global da engenharia e da inovação digital. Por um lado, possui ativos consideráveis, como a maior rede de pesquisa em computação da América Latina (RNP), uma indústria de software e uma TI que faturou R\$ 283 bilhões em 2023 (ABES, 2023). Também detém um ecossistema de startups vibrantes em São Paulo, Belo Horizonte, Campinas, Florianópolis e Porto Alegre e, ainda casos de sucesso globais como Totvs, CI&T, Movel, Nubank e iFood.

Por outro, o Brasil enfrenta déficits estruturais profundos. A qualidade média do ensino de engenharia nas universidades brasileiras é heterogênea. Enquanto centro de formação pública como a USP, Unicamp, ITA, IME e algumas universidades federais de excelência formam engenheiros competitivos internacionalmente, a maioria das mais de 600 escolas de engenharia existentes no país (INEP, 2023) opera com infraestrutura precária e currículos desatualizados.

O país forma poucos engenheiros em proporção ao PIB comparativamente a nações de industrialização bem-sucedida (Cruz, 2010), e parte significativa dos egressos não encontra trabalho qualificado em suas áreas de formação. Conforme brevemente destacado anteriormente, a nova sociedade hiperconectada da Era Digital pressupõe a existência de infraestrutura de conectividade universal.

O Brasil avançou significativamente nessa dimensão na última década com a cobertura 4G atingiu mais de 90% dos municípios em 2023, o leilão do 5G, realizado em novembro de 2021, resultou em compromissos de investimento de R\$ 40 bilhões e o Programa Conecta Brasil prevê a universalização da banda larga até 2029. Apesar disso persistem assimetrias profundas com a velocidade média de banda larga no Norte e Nordeste é, respectivamente, 55% e 63% da observada no Sudeste (ANATEL, 2023).

A engenharia de telecomunicação brasileira enfrenta o desafio adicional da dependência tecnológica. O Brasil não possui fabricantes nacionais de equipamentos de rede de grande porte como roteadores, antenas e servidores utilizados pelas operadoras são majoritariamente importados da China (Huawei, ZTE), da Suécia (Ericsson) e da Finlândia (Nokia). Essa dependência representa risco estratégico em um contexto geopolítico de crescente tensão tecnológica entre Estados Unidos e China (Medeiros, 2021).

Um setor em que a engenharia brasileira tem demonstrado capacidade competitiva real na Era Digital tem sido a agricultura de precisão. O Brasil, maior exportador mundial de soja, café, carne bovina e açúcar, desenvolveu um robusto ecossistema de agtechs que aplicam tecnologias digitais à produção agropecuária.

A Embrapa foi pioneira no desenvolvimento de algoritmos de manejo e sensoriamento remoto adaptado ao bioma tropical. Empresas como AgroSmart, Solinftec e Traive Finance demonstram que há espaço para inovação de alta sofisticação tecnológica em um setor que a narrativa dominante do Vale do Silício tende a subestimar.

A engenharia agrícola brasileira na Era Digital combina sensoriamento remoto por satélite e drones, redes de sensores no solo, modelos preditivos de safra baseados em aprendizado de máquina e plataformas de gestão integrada da cadeia de valor. O Ministério da Agricultura estima que a adoção plena de tecnologias de agricultura de precisão poderia reduzir o custo de produção em até 20% e o uso de defensivos em até 30% — representando, simultaneamente, ganho econômico e benefício ambiental de grande magnitude.

Outro segmento importante tem sido a Engenharia de Sistemas Financeiros Públicos. Destaca-se, por exemplo, o PIX enquanto sistema de pagamentos instantâneos desenvolvido pelo Banco Central do Brasil e lançado em 2020. Um caso de excelência em engenharia de sistemas financeiros públicos reconhecido internacionalmente, pois opera 24 horas por dia, sete dias por semana, gratuito para pessoas físicas com mais de 150 milhões de usuários (BCB, 2023).

O projeto mobilizou dezenas de engenheiros de sistemas, especialistas em criptografia e arquitetos de software ao longo de mais de dois anos de desenvolvimento. Essa experiência brasileira ilustra uma lição importante notada pela capacidade do Estado brasileiro realizar projetos de engenharia digital de classe mundial quando há liderança institucional clara, financiamento adequado, governança participativa com o setor privado e prazos realistas. Trata-se de um modelo a ser replicado em outros domínios — saúde digital, educação conectada, saneamento inteligente —, onde a combinação de engenharia pública e privada poderia gerar benefícios sociais da mesma magnitude.

Do mesmo modo, o ecossistema brasileiro de *startups* cresceu de forma impressionante na última década. O Brasil registrou, em 2025, mais de 20 unicórnios (*startups* avaliadas em mais de 1 bilhão de dólares) e um dos maiores mercados de fintechs do mundo, liderado pelo Nubank. O engenheiro que emerge nesse ecossistema tem perfil distinto do formado pela engenharia industrial clássica. Ele é mais generalista na base e mais especializado em domínios digitais específicos, trabalha em ambientes ágeis e colaborativos, tem familiaridade com código aberto e comunidades digitais globais e frequentemente transita entre a dimensão técnica e a estratégica de negócios.

Isso coloca novas exigências às escolas de engenharia brasileiras, que precisam equilibrar o rigor científico da formação tradicional com a agilidade e a orientação para o produto que o mercado digital demanda. Mais do que produzir técnicos especializados em disciplinas isoladas, o desafio atual é formar profissionais capazes de integrar conhecimentos, liderar equipes multidisciplinares, tomar

decisões em ambientes de incerteza e assumir responsabilidade pública pelo impacto dos sistemas que projetam.

Os desafios formativos passam reforma das diretrizes curriculares nacionais dos cursos de engenharia que foram profundamente revisadas pela Resolução CNE/CES 2/2019, pois introduziu novos eixos formativos como as competências para inovação, empreendedorismo, trabalho em equipe multidisciplinar e resolução de problemas complexos do mundo real. Embora a reforma representou avanço significativo em relação ao modelo anterior, apresenta nos dias de hoje resistências institucionais, falta de capacitação docente e insuficiência de infraestrutura de laboratório digital nas instituições de menor porte.

Além disso, a nova Era Digital tem apontado para desigualdades estruturais que sem o acompanhamento de políticas ativas de inclusão podem aprofundar ainda mais a realidade brasileira. No contexto da engenharia, isso pode se manifestar tanto na inclusão de grupos historicamente sub-representados na formação técnica (mulheres, negros, habitantes de regiões periféricas) como na democratização do acesso às ferramentas e infraestruturas digitais que condicionam a prática profissional.

Dados do INEP (2023) revelam que mulheres representam apenas 28% dos matriculados em cursos de engenharia no Brasil. Na engenharia elétrica responde pela proporção de 18%, enquanto na engenharia de computação alcança somente 16%. Essa sub-representação não é um dado natural, uma vez que se apresenta como produto de processos sociais de exclusão que se perpetuam em estereótipos culturais, modelos pedagógicos pouco inclusivos e falta de referências femininas visíveis. Programas como Meninas na Ciência (CNPq) e iniciativas de empresas de tecnologia contribuem para reduzir essa assimetria, mas de forma ainda insuficiente para alterar substancialmente o quadro.

Também cabe ressaltar que a Era Digital, a engenharia se coloca diante de questões éticas sem equivalente na engenharia clássica. A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD, 13.709/2018) e o Marco Civil da Internet (12.965/2014), por exemplo, constituem avanços normativos importantes no Brasil, ainda que a efetividade de sua aplicação depende da capacidade institucional de compreender os sistemas regulados com responsabilidade pública.

Importante não desconhecer o papel ativo tanto do Sistema Federal de Fiscalização do Exercício Profissional de Engenharia, representado pelo CONFEA/CREA's quanto do sistema de representação sindical dos trabalhadores que atualizam seus instrumentos regulatórios para dar conta dessa nova dimensão da responsabilidade profissional. O conceito de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), central na regulação brasileira, ainda não incorpora adequadamente, por exemplo, os projetos de sistemas de *software* de impacto social, os algoritmos de decisão automatizada e as infraestruturas digitais críticas. São lacuna que expõe a sociedade a riscos crescentes à medida que esses sistemas se tornam ubíquos.

Considerações finais

A trajetória percorrida neste artigo permite afirmar, com base em evidências empíricas e análise teórica, que a engenharia não perdeu centralidade na transição para a sociedade de serviços hiperconectada. Pelo contrário, a engenharia se torna mais estratégica, mais pervasiva e mais politicamente consequente do que em qualquer período anterior.

Os sistemas que sustentam a nova ordem digital são projetos de engenharia, mesmo que invisíveis quando funcionam, devastadores quando falham. No plano mais geral, deve-se reconhecer que não existe um único modelo de engenharia para a Era Digital.

A existência de uma diversidade de trajetórias possíveis indica que não há determinismo tecnológico, mas escolhas políticas, institucionais e pedagógicas a serem feitas. No Brasil, o caminho não pode ser a mera cópia de nenhum modelo aplicado em diversos países.

O país pressupõe uma síntese original que reconheça os ativos nacionais, como a biodiversidade, a agroindústria de fronteira, o mercado consumidor continental, o talento empreendedor presente em certas ilhas de excelência tecnológica. Ao mesmo tempo, enfrentar com seriedade os gargalos identificados, como o déficit de infraestrutura digital nas regiões periféricas do país, a heterogeneidade da formação em engenharia, a dependência tecnológica em setores críticos e a exclusão de grupos sub-representados e a questão da soberania informacional na Era Digital.

Assim, a importância de três imperativos que se impõem ao debate público sobre engenharia e desenvolvimento na Era Digital. Inicialmente o imperativo da competência que exige da engenharia brasileira a elevação sistemática de sua capacidade de criar, não somente adaptar tecnologias digitais.

Na sequência, o imperativo da equidade que demanda a hiperconectividade alcançável em todos os territórios e grupos sociais do país sob pena de aprofundar as assimetrias históricas. Por fim, mas não menos importante, o imperativo da responsabilidade que requer dos engenheiros o projeto de sistemas que governam a vida coletiva na Era Digital, cuja responsabilidade pública é estratégica para as gerações do presente do futuro.

A engenharia nasceu da necessidade humana de transformar a natureza em favor da vida. Na Era Digital, sua missão se renova com urgência. Ela precisa avançar com projeto de sistemas que permitirão à humanidade e em toda a sua diversidade navegar a hiperconectividade com dignidade, autonomia e sustentabilidade.

Essa é, em toda a sua extensão e profundidade, uma tarefa essencial da engenharia, uma vez que um dos pilares da nova sociedade é a servitização da indústria. As empresas que antes vendiam produtos (como motores) agora vendem serviços (como horas de voo ou disponibilidade de energia).

A engenharia de serviços aplica métodos analíticos e de *design* para garantir que esses sistemas de serviços sejam resilientes, escaláveis e eficientes. Isso exige que o engenheiro compreenda não apenas a resistência dos materiais, mas também a experiência do usuário, a segurança cibernética e a análise de grandes volumes de dados (*Big Data*).

Marcio Pochmann

Professor de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e presidente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Referências bibliográficas

ABES *Panorama e Tendências 2023*. São Paulo: ABES, 2023.

ALI-YRKKÖ, J. *et al Who Captures Value in Global Supply Chains?* Journal of Industry, Competition and Trade, v. 11, n. 3, p. 263–278, 2010.

AMSDEN, A. *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. New York: OUP, 1989.

ANATEL *Relatório de Acompanhamento do Setor de Telecomunicações 2023*. Brasília: ANATEL, 2023.


- ANDREESSEN, M. *Why Software Is Eating the World*. The Wall Street Journal, 20 ago. 2011. Disponível em: <https://www.wsj.com>. Acesso em: jan. 2026.
- ARBIX, G.; MARTIN, S. B. *Beyond Developmentalism and Market Fundamentalism in Brazil: Inclusionary State Activism without Statism*. In: Workshop on States, Development, and Global Governance. Madison: University of Wisconsin, 2010.
- ASCE *Code of Ethics*. Reston: ASCE, 2018.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL *Relatório de Estabilidade Financeira e PIX: Dados Consolidados 2023*. Brasília: BCB, 2023.
- BELL, D. *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting*. New York: Basic Books, 1973.
- BRAVERMAN, H. *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*. New York: Monthly Review Press, 1974.
- BRYNJOLFSSON, E. ; McAfee, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton, 2014.
- CASTELLS, M. *The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell, 1996.
- CHANDLER, A. D. *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Cambridge: HUP, 1990.
- CRUZ, C. H. B. *Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: desafios para o período 2011–2015*. Interesse Nacional, v. 3, n. 10, p. 76–108, 2010.
- INEP *Censo da Educação Superior 2024*. Brasília: MEC/INEP, 2024.
- KAGERMANN, H. et al. (eds.) *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. Berlin: Acatech, 2013.
- KOLMOS, A.; FINK, F. K. (eds.) *The Aalborg PBL Model: Progress, Diversity and Challenges*. Aalborg: Aalborg University Press, 2004.
- LEE, E. A. *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. In: 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing. Orlando: IEEE, 2008. p. 363–369.
- MARGETTS, H.; NAUMANN, A. *Government as a Platform: What Can Estonia Show the World?* Oxford: Oxford Internet Institute, 2017.
- MEDEIROS, C. A. *Dependência Tecnológica, Cadeias Globais de Valor e a Geopolítica das Redes 5G*. Revista de Economia Política, v. 41, n. 3, p. 567–588, 2021.
- MOKYR, J. *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. New York: OUP, 1990.
- MOTOYAMA, S. (org.) *Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Edusp, 2004.
- O'NEIL, C. *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown, 2016.
- PARKER, G. et al. *Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You*. New York: W. W. Norton, 2016.
- PASQUALE, F. *The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information*. Cambridge: HUP, 2015.
- SAXENIAN, A. *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge: HUP, 1994.
- SUZIGAN, W.; FURTADO, J. *Política Industrial e Desenvolvimento*. Revista de Economia Política, v. 26, n. 2, p. 163–185, 2006.
- WÜBBEKE, J. et al. *Made in China 2025: The Making of a High-Tech Superpower and Consequences for Industrial Countries*. MERICS Papers on China, Berlin, n. 2, dez. 2016.
- ZUBOFF, S. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: Public Affairs, 2019.




SDS Bloco D – Ed. Eldorado – Salas 106/109, SN – Asa Sul

CEP: 70392-901 – Brasília/DF – Telefones: (61) 3225-2288 e (61) 99986-0847

www.fne.org.br

 /FNEngenheiros

 /FNESind

 /fnengenheiros