



Roseli de Deus Lopes

**Educação tecnológica  
e formação em  
Engenharia: do encantamento  
precoce à aprendizagem  
ao longo da vida**

## **Educação tecnológica e formação em Engenharia: do encantamento precoce à aprendizagem ao longo da vida**

A Engenharia é uma forma de ler o mundo e, sobretudo, de transformá-lo: projetamos, construímos, operamos e melhoramos sistemas que sustentam a vida cotidiana — da água tratada e do saneamento às redes digitais, da agricultura de precisão à indústria verde, da infraestrutura urbana à tecnologia aeronáutica e aeroespacial. Por isso, quando o país discute um novo ciclo industrial e uma trajetória de desenvolvimento sustentável, a conversa inevitavelmente passa pela formação de engenheiras e engenheiros: quantidade, qualidade e diversidade. A literatura internacional tem mostrado, com diferentes metodologias e bases de dados, que existe uma ligação relevante entre a capacidade de engenharia de um país e seu desenvolvimento econômico e social. Um exemplo é o estudo encomendado pela Royal Academy of Engineering, que construiu um “Engineering Index” para comparar a “força” da engenharia em 99 países e realizou análises econométricas para examinar a relação entre capacidade de engenharia e desenvolvimento. Além disso, a própria agenda global de sustentabilidade explicitou que os desafios contemporâneos — clima, energia, cidades, saúde, produção e consumo — dependem de soluções tecnológicas responsáveis; o Segundo Relatório de Engenharia (UNESCO e parceiros) reforça o papel decisivo da engenharia para responder às exigências da Agenda 2030 e cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Quando falamos em “elevada qualidade” da formação em engenharia, não estamos tratando apenas de domínio técnico. Trata-se de formar profissionais capazes de observar necessidades reais, modelar fenômenos, conceber e implementar soluções viáveis, avaliar impactos e aprender continuamente — em diálogo com a ciência, com a sociedade e com o mundo do trabalho. Esse ponto é decisivo porque, em economia do desenvolvimento, há evidências de que não basta expandir “anos de escolaridade”; a qualidade do que se aprende (competências cognitivas e capacidade de aplicar conhecimento) se associa de modo mais forte ao crescimento econômico de longo prazo. E quando olhamos especificamente para engenharia e inovação, trabalhos históricos e comparativos apontam que a densidade de engenheiros e indicadores de capacidade inovativa se associam a diferenças de renda observadas no presente, inclusive em comparações entre regiões e países das Américas.

No Brasil, esse debate é urgente e concreto. O Censo da Educação Superior 2023, sistematizado em análise do Sindicato dos Engenheiros no Estado de São Paulo (SEESP) a partir de dados do INEP/MEC, registra 95.607 concluintes em engenharias em 2023 — número inferior ao de 2022 (97.672) e distante do patamar de 2018 (128.871). O mesmo documento evidencia um desafio que não é apenas quantitativo: a profissão ainda é majoritariamente masculina (73% dos concluintes) e enfrenta assimetrias de raça/cor na formação, o que significa que estamos desperdiçando talentos e perspectivas essenciais para enfrentar problemas complexos e diversos. Em um país com necessidades estruturais históricas — infraestrutura, água e saneamento, transição energética, adaptação climática, segurança digital, produtividade industrial e agrícola — formar menos engenheiros e com baixa diversidade é uma contradição que custa caro.

Se queremos “formar mais e melhores”, o ponto de partida é anterior à universidade. A educação tecnológica precisa começar como alfabetização para o mundo contemporâneo, e não como treinamento instrumental para operar dispositivos. A Base Nacional Comum

Curricular (BNCC) já reconhece que a cultura digital transforma práticas sociais e impõe desafios à escola, que deve estimular reflexão crítica, análise aprofundada e usos democráticos das tecnologias. Isso é coerente com a ideia de que tecnologia é linguagem: aprende-se tecnologia criando, testando, errando e refinando — do mesmo modo que se aprende ciência fazendo perguntas e investigando.

Nesse sentido, o Complemento à BNCC sobre Computação é um marco importante porque explicita competências que aproximam a escola do pensamento de engenharia: compreender a computação como área de conhecimento; analisar impactos sociais, ambientais, culturais e éticos; e desenvolver projetos baseados em problemas, desafios e oportunidades significativas ao contexto do estudante, com princípios “éticos, democráticos, sustentáveis e solidários”. Ao colocar projetos e pensamento computacional no centro, o documento desloca a discussão do “uso de aplicativos” para a formação de repertório para projetar soluções — uma ponte direta para a engenharia, para a inovação e para a autonomia digital.

Mas documentos normativos não transformam a escola sozinhos. O encantamento precoce pela engenharia nasce quando crianças e jovens vivem experiências em que a curiosidade é valorizada e a pergunta é tratada como motor do conhecimento. Tenho visto isso, ano após ano, no ambiente de feiras e projetos: quando estudantes se sentem autorizados a investigar algo que importa para sua comunidade, a motivação se torna aprendizado, e o aprendizado vira autonomia. A Feira Brasileira de Ciências e Engenharia - FEBRACE — da qual sou coordenadora geral — é uma dessas portas de entrada, ao mobilizar projetos de ciência e engenharia de estudantes de todo o país e ao reforçar a aprendizagem como construção, não como repetição. O que funciona nesses contextos é relativamente simples de enunciar e desafiador de implementar em escala: tempo pedagógico para projetos, infraestrutura mínima para experimentação (inclusive “desplugada”), formação docente e redes de apoio entre escolas, universidades, institutos e empresas.

Do ensino médio para a educação superior, o desafio é evitar o “funil” que exclui por falta de base em matemática, ciências e linguagem, e por falta de sentido. O país tem avançado no debate sobre educação profissional e tecnológica, com mudanças na LDB e a instituição de uma política nacional para integrar e fortalecer essa modalidade. Essa agenda é estratégica para aproximar jovens de experiências práticas e itinerários formativos, mas ela precisa dialogar com a ideia de continuidade: educação tecnológica de qualidade não é “atalho”, é percurso; e a engenharia, como profissão regulada e de alto impacto público, exige bases sólidas e ética profissional.

Na graduação, o Brasil já tem um norte claro: as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de Engenharia (Resolução CNE/CES nº 2/2019) reposicionam o curso para uma formação por competências. O perfil do egresso previsto nas DCNs inclui visão holística e humanista, atuação inovadora, capacidade de formular e resolver problemas, consideração de aspectos sociais e ambientais e compromisso com responsabilidade social e desenvolvimento sustentável. Mais do que um texto inspirador, as DCNs detalham condições de implementação: exigem projeto pedagógico alinhado às competências, atividades de laboratório, estímulo a práticas que articulem teoria, prática e contexto, integração empresa-escola e, de forma explícita, o uso de metodologias de aprendizagem ativa desde o início do curso. Também orientam que o curso preveja acolhimento e nivelamento para reduzir retenção e evasão, reconhecendo a heterogeneidade da formação de entrada.

O desafio, portanto, não é “ter diretrizes”; é transformar cultura pedagógica, infraestrutura

acadêmica e gestão da aprendizagem. O Documento de Apoio à Implantação das DCNs (CNI, SESI, SENAI, IEL, CNE, ABENGE e CONFEA) é especialmente útil porque traduz as diretrizes em orientações práticas e sustenta a necessidade de mudança com evidências e exemplos. Ele enfatiza o foco em competências, o aprendizado baseado em projetos e a interlocução com sociedade e mercado, e destaca um ponto frequentemente subestimado: não há transformação curricular sem desenvolvimento docente.

Aqui, vale trazer uma evidência robusta da pesquisa em educação superior: a meta-análise publicada na PNAS por Freeman e colaboradores, com centenas de estudos em STEM, mostra que a aprendizagem ativa melhora o desempenho em exames e que taxas de reprovação são significativamente maiores em aulas baseadas apenas em exposição tradicional (no conjunto analisado, 21,8% de reprovação em aprendizagem ativa versus 33,8% em aulas tradicionais). Em outras palavras: há base empírica para afirmar que metodologias centradas no estudante — quando bem desenhadas, avaliadas e sustentadas por infraestrutura e formação docente — não são “modismo”; são uma estratégia de qualidade, permanência e equidade. Para a engenharia brasileira, isso significa que modernizar a graduação é também uma política de redução de evasão, de melhor aproveitamento do investimento público e privado e de aumento do número de formados sem sacrificar rigor.

Qualidade, entretanto, não se resume a método. Inclui laboratórios que funcionem, projetos integradores conectados a problemas reais, iniciação científica e tecnológica, extensão com sentido público, estágios supervisionados com acompanhamento efetivo, e avaliação por competências que retroalimente o curso. Inclui também uma pergunta incômoda, mas necessária: como garantir padrões mínimos de qualidade em um sistema muito desigual entre instituições e regiões? O debate sobre avaliação, creditação e melhoria contínua precisa ser retomado com seriedade — e com transparência — para que “expansão” não vire sinônimo de precarização formativa.

Esse ponto conecta-se a uma preocupação antiga da indústria e do desenvolvimento nacional. O IEDI, em estudo sobre a formação de engenheiros no Brasil, registra o papel fundamental desses profissionais no desenvolvimento tecnológico, na melhoria contínua de produtos e processos e nas atividades de P&D&I (pesquisa, desenvolvimento e inovação). O mesmo documento alerta, com razão, que iniciativas de treinamento no local de trabalho são valiosas, mas não resolvem sozinhas o problema estrutural de formação — porque a base conceitual, a capacidade de modelar e o repertório de projeto não se improvisam. É justamente essa base que permite que uma agenda de indústria verde, de reindustrialização com inovação, de infraestrutura resiliente e de segurança digital avance com autonomia e não apenas por importação de soluções.

E mesmo quando a graduação melhora, o ciclo não se fecha se a aprendizagem parar no diploma. A engenharia é, por natureza, profissão de fronteira: novos materiais, bioprocessos, IoT, IA, automação, energias renováveis, cibersegurança, sistemas complexos. A atualização constante não é “diferencial”; é requisito ético e técnico. Além disso, a demanda por qualificação no país é massiva: o Mapa do Trabalho Industrial 2025–2027 estima a necessidade de qualificar 14 milhões de pessoas para ocupações industriais, sendo 2,2 milhões em formação inicial e 11,8 milhões em aperfeiçoamento e requalificação. Esse dado reforça que educação continuada deve ser tratada como política de produtividade e inclusão, com modelos

flexíveis (microcredenciais, especializações modulares, cursos híbridos), mas com garantia de qualidade, avaliação e reconhecimento.

Ao longo da vida, aprender não é apenas acompanhar tecnologia; é requalificar o olhar sobre impacto. A engenharia que o Brasil precisa para crescer e, ao mesmo tempo, reduzir desigualdades e proteger o ambiente é aquela que internaliza sustentabilidade como critério de projeto: eficiência energética, redução de emissões, economia circular, segurança hídrica, cidades mais justas, tecnologias assistivas, governança de dados e segurança cibernética. O Relatório de Engenharia da UNESCO chama atenção para a urgência de ações coordenadas entre governos, indústria, universidades e a profissão para ampliar o número de engenheiros e sustentar competências profissionais contínuas orientadas às metas de desenvolvimento sustentável. Não se trata de acrescentar um “capítulo verde” ao currículo: trata-se de reorientar problemas, métricas e responsabilidades.

“Encantar desde cedo” e “aprender sempre” não são slogans; são partes de uma mesma estratégia de desenvolvimento. Encantar desde cedo significa oferecer experiências em que ciência, matemática, computação, engenharia e tecnologia façam sentido para crianças e jovens — e isso exige professores valorizados, escola com infraestrutura mínima e redes de colaboração que aproximem universidade e educação básica. Aprender sempre significa que empresas, instituições de ensino, sistemas profissionais e Estado reconheçam a educação continuada como parte da arquitetura produtiva do país, com caminhos acessíveis e de qualidade para atualização e transição de carreira.

Se há uma síntese possível, ela é esta: países que tratam engenharia como um ativo estratégico — formando com qualidade, valorizando diversidade, articulando escola, universidade e trabalho, e sustentando aprendizagem ao longo da vida — colhem resultados em produtividade, inovação, infraestrutura e qualidade de vida. O Brasil tem referências normativas, instituições e experiências bem-sucedidas; falta transformar isso em política persistente, com metas públicas, financiamento adequado, avaliação inteligente e compromisso coletivo com a qualidade. A engenharia pode — e deve — ser uma alavanca para o novo ciclo industrial e para um desenvolvimento socioambientalmente justo.

*Roseli de Deus Lopes*

*Professora Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e diretora do Instituto de Estudos Avançados da USP*

### **Referências (seleção)**

ABENGE; CNI; SESI; SENAI; IEL; CNE; CONFEA. *Documento de apoio à implantação das DCNs do curso de graduação em Engenharia*. Brasília: CNI, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*, 26 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 14.645, de 2 de agosto de 2023. Altera a LDB para dispor sobre a Educação Profissional e Tecnológica e institui diretrizes para a Política Nacional de Educação Profissional e Tecnológica.

BRASIL. Decreto nº 12.603, de 28 de agosto de 2025. Institui a Política Nacional de Educação Profissional e Tecnológica (PNEPT) e o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Profissional e Tecnológica (Sinaept).

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. *Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC*. Brasília: MEC/CNE, 2022.

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 2014.

IEDI. *A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação*. São Paulo: Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, 2010.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Mapa do Trabalho Industrial 2025–2027*. Brasília: CNI, 2024.

SEESP. *Censo da Educação Superior 2023 – Engenharias* (análise com base em dados do Inep/MEC). São Paulo: Sindicato dos Engenheiros no Estado de São Paulo, 2024.

UNESCO et al. *Engenharia para o desenvolvimento sustentável: cumprir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável* (Segundo Relatório de Engenharia; versão em português). 2021 (ed./difusão em português: 2024).


UK ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING; CEBR. *Engineering and economic growth: a global view*. Londres: RAEng, 2016.




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](http://www.fne.org.br)

 /FNEngenheiros

 /FNESind

 /fnengenheiros