

Ap

DESAFIOS DA ENGENHARIA NO BRASIL: TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL

Organizadoras
Adriana Maria Tonini
Tânia Regina Dias Silva Pereira

VOLUME
2

Este livro foi organizado a partir das Sessões Dirigidas realizadas no 53º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2025 e VIII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia – SIEE 2025 – na cidade de Campinas/SP, 15 a 18 de setembro de 2025.

O COBENGE e SIEE são eventos anuais promovido pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia – ABENGE.

A ABENGE, fundada em 12 de setembro de 1973, é uma sociedade civil de âmbito nacional, sem fins lucrativos, de caráter educacional e cultural, que objetiva o aprimoramento, a integração e a adequação à realidade nacional e internacional da educação em Engenharia e o contínuo aperfeiçoamento das instituições filiadas.

Diretoria da ABENGE

Adriana Maria Tonini	Presidente
Carlos Almir M. de Holanda	Vice-presidente
Gisele Maria Ribeiro Vieira	Diretora Acadêmica
Edson Pedro Ferlin	Diretor Administrativo e Financeiro
Roseli de Deus Lopes	Diretor de Comunicação

Comissão Organizadora do COBENGE 2025

Adriana Maria Tonini (UFOP)
Betânia Hoss Lunelli (PUC/Campinas)
Carlos Almir Monteiro de Holanda (UFC)
Edson Pedro Ferlin (UniSantaCruz)
Gisele Maria Ribeiro Vieira (CEFET/RJ)
Roseli de Deus Lopes (USP)
Sergio Roberto Pereira (PUC/Campinas)
Tânia Regina Dias Silva Pereira (UNEB/ABENGE)
Eduard Prancic (FEP/POLI/PUC-CAMPINAS)
Francisco de Salles Cintra Gomes (FEE/POLI/PUC/Campinas)
Lia Toledo Monteiro Mota (FEE/POLI/PUC/Campinas)
Lorenzo Campos Coiado (FEE/POLI/PUC/Campinas)
Regina Longo (FEA/POLI/PUC/Campinas)

Renata Kelly Mendes Valente (FEQ/POLI/PUC/Campinas)
Rodrigo Cuberos Vieira (FEC/POLI/PUC/ Campinas)
Aurea Silva de Holanda (UFC)
Carlos Alberto de Castro Junior (PUC/Campinas)
Cintia Machado de Oliveira (CEFET/RJ)
Clarissa Ana Zambiasi (IBMEC)
Claudia Dias Silva (UNEB)
Dianne Magalhães Viana (UNB)
Elzo Alves Aranha (UNIFEI)
Everton Skoronski (UDESC)
Fabio De Avila Rodrigues (UFV)
Jaiver Efren Jaimes Figueroa (UFMA)
Laurete Zanol Sauer (UCS)
Lia Lorena Pimentel (PUC/Campinas)
Luís Mauricio Martins de Resende (UTFPR)
Marcello Nitz da Costa (IMT)
Marcilio André Felix Feitosa (POLI/UPE)
Margarete Aparecida Pereira (TRIVENTO)
Octavio Mattasoglio Neto (CEUN/IMT)
Pedro Prates Valério (UMA)
Raphael Soeiro Suppino (UNICAMP)
Regina Márcia Longo (PUC/ Campinas)
Sandra Rufino (UFRN)
Sergio Campello (UPE)

Conselho Editorial da ABENGE

Adriana Maria Tonini (UFOP)
Alessandro Fernandes Moreira (UFMG)
André Resende Rodrigues da Silva (SPEE/UBI/Portugal)
Benedito Guimarães Aguiar Neto (UFCG)
Carlos Almir Holanda (UFC)
Cláudia Morgado (UFRJ)
Dianne Magalhães Viana (UnB)
Edson Pedro Ferlin (Centro Universitário Uninter)
Fabio do Prado (FEI)
Gisele Maria Ribeiro Vieira (CEFET-RJ)
Gustavo Alves (IPPISEP/Portugal)
João Bosco Laudares (PUC-MG / CEFET-MG)
Jamie Gurganus (University of Maryland/EUA)

José Aquiles Baesso Grimoni (USP)
José Alberto dos Reis Parise (PUC-Rio)
José Roberto Cardoso (USP)
Marcello Nitz (MAUA)
Valquíria Villas Boas Gomes Missell (UCS)
Liane Ludwig Loder (UFRGS)
Luciano Andreatta da Costa (UERGS)
Luis Maurício Martins de Resende (UTFPR)
Luis Paulo M Brandão (IME)
Mário Neto Borges (UFSJ)
Neusa Maria Franco de Oliveira (ITA)
Nival Nunes de Almeida (EGN/UERJ)
Paloma Maria Silva Rocha Rizol (UNESP)
Roseli de Deus Lopes (USP)
Sergio Campello Oliveira (UPE)
Sueli Sampaio Damim Custódio (ITA)
Tânia Regina Dias Silva Pereira (UNEB)
Walter Antonio Bazzo (UFSC)

Ficha Técnica:

Coordenação Geral:

Adriana Maria Tonini e Tânia Regina Dias Silva Pereira

Capa e diagramação: Dayane de Oliveira Gonçalves

DESAFIOS DA ENGENHARIA NO BRASIL: TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL/ Adriana Maria Tonini e Tânia Regina Dias Silva Pereira – Organizadoras – Brasília: ABENGE, 2026. Vol.2.

212p.

C749 53º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2025) e VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia (SIEE 2025 – Campinas/ SP, 15 a 18 de setembro de 2025 – ABENGE.

ISBN: 978-65-87897-04-2

1 – Educação; 2 - Formação; 3 - Engenharia; 4 – Tecnologia;
5 - Inovação.

I. Título

CDU: 658.5

O conteúdo da obra é de responsabilidade dos autores.

DIREITOS RESERVADOS

É proibida a reprodução total ou parcial da obra, de qualquer forma ou por quaisquer meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, sem a autorização prévia e por escrito da ABENGE.

A violação dos Direitos Autorais (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal

SUMÁRIO

Apresentação..... 09

Capítulo 1..... 12

ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: BOAS PRÁTICAS PARA MODERNIZAÇÃO CURRICULAR

Alessandro Fernandes Moreira, Roberto Barbosa dos Santos, Ágatha Vivian Pereira Guimarães, Eduardo Ribeiro Felipe, Fabiana Costa Guedes, Gabriela dos Santos Novaes Rocha, Graziela Zamponi, Katia Cristiane Gandolpho Candioto, Marcela da Silva Silveira, Marina Caires Silveira de Masi, Mirelle Celiane Sarmiento Paz, Nayara Aparecida Neres da Silva, Paula Cibely Alves Flausino, Pedro Henrique Rodrigues Pereira, Rafael Francisco dos Santos, Rossana de Paula Junqueira, Sophia Braga Marques, Wendell Fioravante da Silva Diniz, Yana Vilela Braga.

Capítulo 2..... 36

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

Maria do Carmo Duarte Freitas, Ricardo de Freitas Fernandes Pontes, Alessandro Ranulfo Lima Nery, Carlos Eduardo Santi, Ana Luisa Souza Rodrigues, Andromeda Goretti de Menezes Campos, Claudia Akemi Izeki, Dianne Magalhães Viana, George Oliveira de Araújo Azevedo, Leandro Honorato de Souza Silva, Liane Ludwig Loder, Lillian Barros Pereira Campos, Lillian Berton, Liliane Sheyla da Silva Fonseca, Nathielle Cerqueira Alves, Pablo Rodrigo Fica Piras, Renato Martins das Neves, Rodrigo Damasceno Sampaio, Rutinelli da Penha Favero, Sergio Campello Oliveira, Valquíria Villas-Boas, Walter Aoiama Nagai, Yasmin Barros Santos.

Capítulo 3..... 87

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM CONTEXTOS PRESENCIAIS E NÃO-PRESENCIAIS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O TRABALHO E A FORMAÇÃO DOCENTE

Carolina Maia dos Santos, Georgia de Souza Assumpção, Adriana Paula Ferreira Palhares, Alexandre de Carvalho Castro, Emerson Arli Magni da Silva, Ester Almeida Helmer, Flávia Gomes Pileggi Gonçalves, Gleison de Souza Mattos Machado, Leonardo Trajano Dias Garcia, Luciano Andreatta Carvalho da Costa, Odair Barbosa de Moraes, Roberta de Fátima Carreira Moreira Padovez.

Capítulo 4..... 117

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA:
EXPERIÊNCIAS, RESULTADOS E PERSPECTIVAS**

Octavio Mattasoglio Neto, José Aquiles Baesso Grimoni, Anarosa Alves Franco Brandão, Armando Zanone, Arthur Land Oliveira, Everaldo Pereira, Gilmar Barreto, Luciano Andreatta Carvalho da Costa, Luís Eduardo Primaz, Rogério Bastos Quirino, Vinícius da Silva Carvalho.

Capítulo 5..... 148

**REPENSAR AS BASES: POR UMA FORMAÇÃO BÁSICA AMPLIADA NA
EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**

Juliana Martins Philot, Gabriel Loureiro de Lima, Aryene Maria Pereira da Silva, Barbara Lutaif Bianchini, Elias Antunes dos Santos, Eloiza Gomes, Ieda Maria Giongo, James Washington Alves dos Santos, Márcia Jussara Hepp Rehfeldt, Marcus Vinicius Araújo Damasceno, Marinez Cargnin-Stieler, Marli Teresinha Quartieri, Renata dos Santos, Sergio Camargo.

APRESENTAÇÃO DO LIVRO

Este é o décimo nono livro organizado a partir dos resultados dos trabalhos apresentados e discutidos em Sessões Dirigidas (SD's) do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE e do Simpósio Internacional de Educação em Engenharia – SIEE. Isto significa a consolidação dessa modalidade de apresentação e discussão de trabalhos em congressos científicos. Os capítulos deste volume foram construídos nas SD's realizadas durante o COBENGE 2025 e o SIEE 2025, ocorrido na cidade de Campinas/SP, de 15 a 18 de setembro de 2025.

A proposta de Sessão Dirigida (SD) tem sua origem na constatação de que, através das tradicionais Sessões Técnicas em eventos dessa natureza, os trabalhos dos pesquisadores dispõem de pouco tempo para apresentação e discussão, o que acaba frustrando os interessados em um maior aprofundamento nos trabalhos apresentados. Cada SD foi composta por dois coordenadores(as) de instituições distintas. As propostas submetidas foram aprovadas em função da pertinência, exequibilidade e enquadramento no temário do evento. Além da proposição original dos autores, cada SD ainda recebeu inscrições de artigos de autores interessados, dos quais foram selecionados trabalhos para apresentação e composição das SD's.

A Sessão Dirigida não se inicia nem termina no período de realização dos congressos. Os coordenadores das SD's iniciam a interação e a discussão com os autores dos trabalhos selecionados, pelo menos, 30 dias antes do evento, com vista à organização deste. Essa interação continua após a realização das SD's, quando são consolidados os artigos e as discussões ocorridas durante o evento em capítulo do presente livro.

No seu conjunto, os capítulos deste livro, que se alinham pela temática relativa à “DESAFIOS DA ENGENHARIA NO BRASIL: TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL”, os autores trazem como reflexões: No primeiro capítulo, ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: BOAS PRÁTICAS

PARA MODERNIZAÇÃO CURRICULAR, tem como objetivo evidenciar os desafios associados à promoção da inovação na educação em engenharia, bem como apontar possíveis caminhos para sua superação a partir da estruturação de um ecossistema de inovações curriculares. Já o capítulo segundo, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA, tem objetivo é identificar as melhores práticas para uso da IA, com fomento à colaboração interdisciplinar e recomendações para implementação em instituições de ensino. No capítulo terceiro, EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM CONTEXTOS PRESENCIAIS E NÃO-PRESENCIAIS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O TRABALHO E A FORMAÇÃO DOCENTE, teve como objetivo principal discutir o trabalho e a formação docente frente aos possíveis impactos provocados pela Política de Educação a Distância/2025 nos cursos das áreas de Engenharia, Ciências e Tecnologia. O capítulo quarto O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA: EXPERIÊNCIAS, RESULTADOS E PERSPECTIVAS, discute como a IA tem redefinido práticas pedagógicas, quais transformações afetam o perfil e as competências docentes e como essas tecnologias podem contribuir para uma formação em Engenharia ética, crítica, inovadora e socialmente relevante. O quinto e último capítulo REPENSAR AS BASES: POR UMA FORMAÇÃO BÁSICA AMPLIADA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, tem por objetivo debater e, na medida do possível, propor alguns encaminhamentos acerca da relevância: da formação interdisciplinar frente às demandas contemporâneas da sociedade; da promoção do diálogo entre docentes de diferentes áreas do conhecimento envolvidos na formação do engenheiro; e da construção de propostas curriculares que fortaleçam a articulação entre as dimensões técnica e humanista na formação básica dos cursos de Engenharia.

Com isso, este livro representa não só a visão de seus autores, mas também os resultados dos debates das ideias e das conclusões que esses autores submetem à discussão nas suas respectivas SD's.

O processo de construção dos capítulos deste livro, a partir das sugestões iniciais dos renomados pesquisadores que são os seus autores, passando pela discussão em eventos da envergadura do COBENGE e do SIEE, faz com que as ideias, as reflexões e as proposições constantes dessa obra sejam significativamente consistentes e sedimentadas. Além disso, a temática geral do livro, aliada à diversidade de abordagens implementadas pelos diferentes autores, faz desta publicação, uma obra importante, colocada à disposição de

professores, de estudantes, de profissionais e dos demais interessados na Educação em Engenharia.

Dr^a Adriana Maria Tonini e Dr^a Tânia Regina Dias Silva Pereira
ORGANIZADORAS

CAPÍTULO 1

ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: BOAS PRÁTICAS PARA MODERNIZAÇÃO CURRICULAR

Alessandro Fernandes Moreira - Coordenador
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Roberto Barbosa dos Santos - Coordenador
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Eduardo Ribeiro Felipe
Fabiana Costa Guedes
Rafael Francisco dos Santos
Rossana de Paula Junqueira
Wendell Fioravante da Silva Diniz
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Ágatha Vivian Pereira Guimarães
Gabriela dos Santos Novaes Rocha
Marcela da Silva Silveira
Marina Caires Silveira de Masi
Mirelle Celiane Sarmiento Paz
Pedro Henrique Rodrigues Pereira
Sophia Braga Marques
Yana Vilela Braga
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Nayara Aparecida Neres da Silva
Paula Cibely Alves Flausino
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Katia Cristiane Gandolpho Candioto
Graziela Zamponi
Universidade de São Paulo (USP)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	QUESTÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM ECOSISTEMA DE INOVAÇÕES CURRICULARES	18
	2.1 Implementação de Metodologias Ativas.....	18
	2.2 Formação por Competências e Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019.....	19
	2.3 Participação Institucional.....	20
	2.4 Mensuração de Resultados, Lições Aprendidas e Definição de Estratégias	20
3	PAINEL DE DESAFIOS E SOLUÇÕES COLETIVAS PARA CONSTRUÇÃO DE ECOSISTEMAS PARA INOVAÇÕES CURRICULARES	21
4	EIXOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE ECOSISTEMAS DE INOVAÇÕES CURRICULARES	24
	4,1 A continuidade de projetos de inovação.....	24
	4.2 A superação da resistência docente no engajamento para a transformação do ensino.....	25
	4.3 Indicadores para Mensuração de Resultados e Gestão do Conhecimento.....	26
5	PILARES PARA O ESTABELECIMENTO DE UM ECOSISTEMA DE INOVAÇÕES CURRICULARES	27
	5,1 Governança e estrutura institucional do ecossistema de inovações curriculares.....	28

5.2 Protagonismo estudantil como elemento central da inovação curricular.....	28
5.3 Integração entre currículo e os princípios das DCNs 2019.....	29
5.4 Parcerias externas e sustentabilidade do ecossistema de inovações curriculares.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: BOAS PRÁTICAS PARA MODERNIZAÇÃO CURRICULAR

1. INTRODUÇÃO

É possível afirmar que as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para as Engenharias de 2019 (Resolução CNE nº 2/2019), trouxeram novos desafios para a formação em Engenharia, em todas as habilitações. Entretanto, o fato notável é que estes desafios sempre existiram e sempre trouxeram inquietação ao corpo docente que tem um olhar mais cuidadoso para a atuação do profissional recém formado no mercado de trabalho (Jones, 2003; Splitt, 2003; Goldberg *et al.*, 2008; Lamancusa *et al.*, 2008; CNI, 2021; Tonini; Pereira, 2022).

Um desafio estabelecido pelas DCNs foi a obrigatoriedade da vinculação explícita do ensino por competências nos cursos de graduação em engenharia em nosso país. Outro fato notável é que não se desenvolve completamente uma competência sem uma abordagem vivencial e sem o contato com problemas reais em escala real (Bransford; Brown; Cocking, 2007).

Quem buscou enfrentar o desafio de promover um ensino por competências percebeu que não é viável materializar um processo formativo consistente e sustentável no tempo sem um ecossistema de base. Um ecossistema que permita que os problemas sejam percebidos de forma ativa diretamente pelos estudantes e, mais importante, que permita a interação com os problemas percebidos (Freeman *et al.*, 2014; Martella; Klahr; Li, 2020; Theobald *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2021).

É importante ressaltar também que esta abordagem vivencial não diminui a necessidade e nem a relevância de uma abordagem conceitual consistente em conteúdos básicos gerais de matemática, química, física e programação de computadores, bem como em conteúdos básicos de engenharia, como hidráulica, mecânica e resistência dos materiais, geração e transmissão de energia, usinagem, dentre outros.

A vantagem em agregar, e até mesmo desenvolver, um ecossistema é poder integrar todos os conteúdos necessários, em toda a sua diversidade, em problemas compatíveis com os problemas vivenciados pelos profissionais que atuam no mercado de trabalho.

Como desenvolver ecossistemas que inovem a formação dos novos engenheiros é uma questão ainda em aberto (Longo, 1996; Van Der

Wende, 2000; Silveira, 2005; Vest, 2005; Miller, 2010; Oliveira; Tozzi; Loder, 2014; Oliveira; Neto; Tozzi, 2016); e foi o desafio proposto por esta sessão dirigida, a fim de se conhecer as boas práticas para modernização curricular a partir do estabelecimento e desenvolvimento de ecossistemas de inovação em educação em engenharia (Chang, 2000; Coward; Ailes; Bardón, 2000; Crawley, 2001; Duderstad, 2008; Lattuca; Terenzini; Volkwein, 2008; Simon, 2012), dentre as quais aquelas que:

- destacavam a importância do protagonismo estudantil na formação em engenharia (Silveira Jr., 2020);
- aplicavam metodologias ativas para integrar conteúdos em contextos de decisão que estimulam a análise crítica sob mais de um ponto de vista (Bonwell; James, 1991; Prince, 2004; Bender, 2014; Valença, 2023; Silva; Bispo; Coelho, 2024);
- concebiam, desenvolviam, produziam e testavam um produto específico;
- reordenavam conjuntos de conteúdos para aproximar teoria e prática no desenvolvimento de produtos.

De acordo com as DCNs vigentes, as competências podem ser reagrupadas em quatro grupos, a saber:

- concepção/desenvolvimento/análise de soluções e produtos de engenharia;
- produção/implantação das soluções e produtos;
- conduta e comportamento profissional;
- regulação da atividade profissional.

É neste contexto de formação profissional que as contribuições apresentadas neste capítulo se mostram valiosas, pois ora exploram (ou investem) explicitamente no desenvolvimento de um produto, ora na análise de uma situação problema. E transversalmente a essas ações são trabalhados o comportamento e a regulação da atividade de engenharia.

Ao conceber e produzir uma catapulta, iniciativa da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP), da Universidade de São Paulo, oportunizaram aos estudantes trabalhar com competências vinculadas à concepção e desenvolvimento de um produto, à produção de um produto e ao comportamento profissional, especificamente a comunicação oral e escrita (Mayer, 2002; Morin, 2003; Pombo, 2021).

Ao propor situações normalmente vivenciadas durante o exercício profissional para análise dos estudantes, as boas práticas desenvolvidas

pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), geraram oportunidades de desenvolvimento e/ou aprimoramento de competências vinculadas à análise crítica e regulação da atividade profissional, além das competências comportamentais de comunicação (Carneiro *et al.*, 2019; Silva, 2021; Doolittle; Wojdak; Walters, 2023).

Ao reformular o currículo de um curso, a estratégia apresentada pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), buscou criar um ambiente propício ao desenvolvimento das competências necessárias ao desenvolvimento completo de um produto, passando por todas as etapas do ciclo de desenvolvimento (Anastasiou; Alves, 2003; Mitre *et al.*, 2008; Sommerville, 2011; Macedo, 2018).

Ao destacar o Programa ENG200 e mostrar que os intervenientes do processo de formação em engenharia estão conectados num ecossistema, a iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) evidenciou que é possível criar ambientes onde os estudantes se sintam suficientemente confiantes para se responsabilizar por sua própria formação e, em sendo protagonista neste processo, façam escolhas que aumentem a satisfação de estar cursando engenharia e, conseqüentemente, melhorem seu desempenho nas atividades de avaliação propostas, bem como melhorem o próprio curso. A UFMG é um caso de sucesso no ensino por competências em engenharia e é pioneira no desenvolvimento de legislação interna que incentiva e viabiliza seus cursos de graduação a reformularem ou desenvolverem novos currículos com protagonismo estudantil.

Cada uma destas iniciativas guardam um grau de inovação, pois há ruptura com a forma tradicional de ensinar engenharia, ora alterando o momento em que o contato com determinados conteúdos acontecem, ora mudando o status de optativo para obrigatório de outros conteúdos, ora dando liberdade e protagonismo aos estudantes, mas sobretudo, permitindo o acesso a saberes e comportamentos que de outro modo não seriam acessados.

O fato notável destas inovações é abrir caminho para o desenvolvimento completo das competências necessárias e esperadas em um bom profissional de engenharia, especialmente em um profissional recém formado. Outro ponto de destaque é que todas essas abordagens tiveram elementos vivenciais, de experimentação, de avaliação sensorial.

Mas mesmo assim, algumas lacunas ainda seguem abertas e se mostram como desafios a serem vencidos, como o desenvolvimento de legislação institucional própria que dê suporte ao ensino por competência. Uma lacuna que merece atenção especial é a transição da

cultura atualmente vigente nos cursos de formação/graduação, que não favorece e muitas vezes dificulta o ensino por competências, para uma cultura que tenha como princípio confiar no estudante e lhe confira liberdade para que ele seja protagonista de sua formação profissional.

As iniciativas e boas práticas de gestão visando o desenvolvimento de um ecossistema de inovações curriculares de cada uma das instituições participantes da construção deste capítulo são apresentadas a seguir a partir de estabelecimento de lacunas e desafios como questões norteadoras, conforme apresentadas na próxima sessão.

2. QUESTÕES NORTEADORAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM ECOSISTEMA DE INOVAÇÕES CURRICULARES

Com a finalidade de direcionar as discussões e fomentar uma reflexão estruturada por parte das instituições participantes da elaboração deste capítulo, foram elaboradas questões norteadoras que serviram como instrumento comum para o compartilhamento das experiências que foram apresentadas na sessão dirigida. Essas questões tiveram o papel de organizar o diálogo, favorecer a comparabilidade entre diferentes contextos institucionais e aprofundar a análise sobre práticas inovadoras no ensino de Engenharia. A seguir, apresentam-se os principais eixos temáticos que organizam essas questões, refletindo dimensões centrais da inovação pedagógica e da formação por competências.

2.1 Implementação de Metodologias Ativas

As questões norteadoras relacionadas à implementação de metodologias ativas buscaram aprofundar a compreensão sobre como diferentes estratégias pedagógicas inovadoras foram incorporadas às práticas de ensino nas instituições participantes. Foram consideradas metodologias como júri simulado, desenvolvimento de software em ciclos iterativos, construção de protótipos interdisciplinares, sala de aula invertida e simulações numéricas, entre outras. Para além da simples descrição das metodologias adotadas, esse eixo estimulou a reflexão sobre os contextos em que essas práticas foram aplicadas, os objetivos pedagógicos associados e o grau de integração com os componentes curriculares existentes. Também foram discutidos os principais desafios enfrentados no processo de implementação, como limitações de infraestrutura, adequações curriculares e carga de trabalho docente, bem como as facilidades identificadas, incluindo engajamento discente,

aprendizagem ativa e maior articulação entre teoria e prática. As seguintes questões nortearam a discussão neste eixo:

- Quais metodologias ativas (PBL, PjBL, Sala Invertida, Gamificação, CBL, SBL etc.) têm sido implementadas, em que contexto e com quais objetivos formativos?
- Quais foram os principais desafios e facilitadores na implementação dessas metodologias em sua instituição?
- Como a experiência se alinhou às expectativas institucionais e ao perfil dos estudantes, considerando as especificidades da cultura digital?

2.2 Formação por Competências e Diretrizes Curriculares Nacionais de 2019

Este eixo teve como foco analisar a aderência das experiências apresentadas às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia, publicadas em 2019, especialmente no que se refere à formação por competências. As questões norteadoras incentivaram as instituições a refletirem sobre como suas propostas pedagógicas contribuíram para o desenvolvimento de competências essenciais, tais como trabalho em equipe, comunicação técnica, pensamento crítico, autonomia, criatividade, capacidade de resolução de problemas complexos e fortalecimento do protagonismo estudantil. Além disso, foram discutidas a interdisciplinaridade das atividades propostas e a reorganização do papel do docente, que passa a atuar como mediador do processo de aprendizagem, promovendo ambientes mais colaborativos, investigativos e centrados no estudante. As seguintes questões direcionaram as discussões neste eixo:

- Como as metodologias ou ecossistemas implementados contribuem para o desenvolvimento das competências exigidas pelas DCNs 2019?
- Quais estratégias favoreceram a interdisciplinaridade e o vínculo com demandas reais da sociedade?
- Qual tem sido o papel da formação docente continuada nesse processo de adaptação às novas exigências curriculares?
- Como a articulação entre teoria e prática tem promovido o protagonismo discente e a aprendizagem autônoma?
- Que evidências ou resultados apontam para o engajamento dos estudantes ou para a aquisição de habilidades relevantes?

2.3 Participação Institucional

Neste eixo, as questões norteadoras abordaram o papel da instituição no suporte e na viabilização das transformações pedagógicas discutidas. Esse eixo destacou a importância do engajamento institucional na transição de um modelo centrado na transmissão de conteúdo para um modelo que valoriza o docente como mediador e tutor da aprendizagem. Foram discutidas ações institucionais relacionadas à formação docente, à flexibilização curricular, ao apoio administrativo e à criação de uma cultura organizacional favorável à inovação pedagógica, reconhecendo que mudanças sustentáveis no ensino de Engenharia dependem não apenas de iniciativas individuais, mas de um compromisso institucional mais amplo. As seguintes questões direcionaram a discussão nesta temática:

- Como sua instituição tem estruturado um ambiente que promova a integração entre teoria, prática e protagonismo estudantil?
- Quais componentes (laboratórios, centros de inovação, programas, parcerias com a indústria etc.) formam e sustentam esse ecossistema?
- A inovação foi institucionalizada de forma permanente no currículo? Quais mecanismos garantem sua continuidade?
- Houve envolvimento de colegiados, NDEs, coordenações ou conselhos superiores na consolidação da experiência?
- A iniciativa se articula com ações de pesquisa, extensão ou com demandas externas à universidade?
- Que recomendações emergem para sua continuidade ou expansão?

2.4 Mensuração de Resultados, Lições Aprendidas e Definição de Estratégias

As questões relacionadas à mensuração de resultados buscaram compreender como as instituições têm avaliado o impacto das metodologias ativas e das abordagens por competências em seus cursos. Foram consideradas tanto estratégias de avaliação quantitativas quanto qualitativas, incluindo indicadores de engajamento discente, desempenho acadêmico, desenvolvimento de habilidades socioemocionais e percepção dos estudantes sobre o processo de aprendizagem. Esse eixo também estimulou a discussão sobre os limites dos modelos tradicionais de avaliação e a necessidade de instrumentos mais alinhados aos objetivos formativos das DCNs de 2019, capazes de

capturar processos de aprendizagem mais complexos e contínuos, promovendo a sistematização das principais lições aprendidas a partir das experiências implementadas pelas instituições. As reflexões abrangeram aspectos pedagógicos, organizacionais e institucionais, permitindo identificar boas práticas, erros recorrentes e estratégias que se mostraram eficazes ao longo do processo. Além disso, as instituições foram convidadas a formular recomendações para outras organizações interessadas em adotar abordagens semelhantes e a apontar próximos passos necessários para a consolidação, institucionalização e ampliação dessas iniciativas inovadoras no ensino de Engenharia. As seguintes questões nortearam as discussões nesta temática:

- Quais aprendizados marcaram o processo de implementação das iniciativas?
- Que recomendações podem ser feitas a outras instituições interessadas em ecossistemas semelhantes?
- Quais os próximos passos ou desafios que sua instituição identifica para o aprimoramento contínuo da formação em Engenharia?

Em síntese, o conjunto de questões norteadoras desempenhou um papel crucial nesta sessão dirigida, proporcionando um esquema claro e produtivo para as discussões entre as instituições. Ao focar nas dimensões críticas da inovação pedagógica em Engenharia, elas instigaram uma análise aprofundada das práticas, desafios e resultados alcançados. Dessa forma, as questões garantiram a sistematização eficaz dos conhecimentos gerados e consolidaram o diálogo construtivo para o desenvolvimento de ecossistemas de inovações curriculares.

3 PAINEL DE DESAFIOS E SOLUÇÕES COLETIVAS PARA CONSTRUÇÃO DE ECOSISTEMAS PARA INOVAÇÕES CURRICULARES

A partir do estabelecimento das questões norteadoras, a dinâmica denominada "*Painel de Desafios e Soluções Coletivas*" foi realizada para operacionalizar o debate e proporcionar a construção de ideias, tendo como objetivo central dar visibilidade aos obstáculos reais enfrentados pelas instituições e fomentar a inteligência coletiva na proposição de

estratégias de superação. A dinâmica desenvolveu-se em três etapas consecutivas:

- *Levantamento de Obstáculos*: Em um primeiro momento, após a exposição contextual dos trabalhos, os participantes foram convidados a identificar e registrar, de forma sintética, um desafio prioritário que enfrentam em suas instituições na implementação de inovações curriculares. Estes registros foram dispostos visualmente em um painel compartilhado, criando um "mapa de dores" da comunidade presente.
- *Ideação Colaborativa*: Na segunda etapa, promoveu-se a interação direta com os problemas expostos. Os participantes transitaram pelo painel e foram incentivados a propor soluções práticas ou sugestões de contorno para os desafios relatados por outros colegas, em debate.
- *Sistematização e Síntese*: A sessão foi finalizada com uma análise qualitativa do painel, onde os coordenadores e participantes identificaram os desafios mais recorrentes e as soluções mais criativas ou viáveis.

A dinâmica realizada permitiu não apenas o registro documental das dificuldades e êxitos mas também a vivência prática de um ambiente de cocriação.

As contribuições das instituições que participaram da elaboração desse capítulo abordam diferentes experiências de inovação pedagógica no ensino de Engenharia, evidenciando como metodologias ativas, propostas interdisciplinares e reorganizações curriculares têm sido utilizadas para promover a formação por competências e a articulação entre teoria e prática, conforme orientam as DCNs de 2019. Embora inseridos em contextos institucionais e áreas distintas, os trabalhos dialogam entre si ao explorar estratégias que deslocam o estudante para uma posição mais ativa no processo de aprendizagem e reposicionam o docente como mediador desse processo.

O trabalho "*Metodologias Ativas na Engenharia Metalúrgica*", contribuição da UFOP, apresentou um conjunto de práticas que integram atividades experimentais, simulação numérica, júri simulado e escrita técnica em disciplinas do curso de Engenharia Metalúrgica. A experiência destacou a potencialidade dessas metodologias para superar a fragmentação entre teoria e prática, ao articular conteúdos conceituais com situações próximas à realidade profissional. Ao mesmo tempo, o trabalho evidenciou como estratégias como o júri simulado e a redação técnica contribuem para o desenvolvimento de competências críticas,

argumentativas e comunicacionais, ampliando a formação para além do domínio estritamente técnico.

O trabalho *“Uma Nova Abordagem para Disciplinas da Área de Desenvolvimento de Software na Graduação”*, contribuição da UNIFEI, apresenta uma proposta de reformulação curricular que rompe com o modelo tradicional de disciplinas isoladas e propõe uma organização integrada em torno do ciclo de desenvolvimento de software. A criação das disciplinas *“Análise e Desenvolvimento de Software I a IV”*, aliada ao uso da aprendizagem baseada em projetos e da sala de aula invertida, possibilitou uma vivência acadêmica mais próxima do contexto profissional. A proposta ressalta o protagonismo discente, o trabalho colaborativo e a construção progressiva do conhecimento, ainda que o artigo reconheça desafios e ajustes necessários por se tratar de uma experiência em fase inicial de implementação.

O trabalho apresentado pela EEL-USP define uma proposta interdisciplinar para o curso de Engenharia Física da USP, baseada no planejamento, construção e validação de uma *catapulta*. A atividade integra conteúdos de *Física, Desenho Técnico e Leitura e Produção de Textos Acadêmicos*, permitindo que os estudantes apliquem conceitos teóricos em um projeto real, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades de modelagem, experimentação, escrita científica e comunicação oral. Os resultados apontam para o aumento do engajamento e da motivação discente, além do desenvolvimento de competências técnicas e colaborativas. Adicionalmente, evidenciam limitações relacionadas à fundamentação teórica e à articulação entre as diferentes disciplinas envolvidas.

O Programa ENG200, iniciativa da UFMG, propõe uma discussão mais ampla sobre a consolidação de ambientes institucionais capazes de sustentar práticas pedagógicas inovadoras no longo prazo. Esta experiência destaca o papel das metodologias ativas, da interdisciplinaridade e da formação docente continuada como elementos centrais para o funcionamento de ecossistemas de inovação, enfatizando a necessidade de institucionalização das iniciativas para além de ações pontuais. Essa discussão dialoga diretamente com as experiências apresentadas por todas as instituições participantes, ao reforçar que a inovação pedagógica depende não apenas de metodologias, mas também de estruturas institucionais, políticas curriculares e engajamento coletivo.

Em conjunto, os trabalhos que constituíram essa sessão dirigida evidenciam diferentes caminhos, níveis de maturidade e desafios na implementação de práticas inovadoras no ensino de Engenharia. Ao

articular experiências concretas e reflexões institucionais, a sessão contribuiu para ampliar o debate sobre a formação por competências, o protagonismo estudantil e a construção de ecossistemas de inovação educacional alinhados às DCNs de 2019. O resultado desse processo de construção coletiva serviu de base para a categorização de eixos para estabelecimento de ecossistemas de inovações curriculares, a serem apresentados na próxima sessão.

4 ,EIXOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÕES CURRICULARES

A partir da troca de experiências e das iniciativas apresentadas pelas instituições participantes desta sessão dirigida, três eixos centrais para o desenvolvimento de ecossistemas de inovações curriculares foram definidos: a continuidade de projetos de inovação, a superação da resistência docente no engajamento para a transformação do ensino e os indicadores para mensuração de resultados e gestão do conhecimento. Esses pontos revelam-se fundamentais para garantir a sustentabilidade das mudanças curriculares propostas pelas DCNs. A seguir, cada um desses tópicos são abordados, integrando as colocações dos participantes da elaboração deste capítulo.

4.1 A continuidade de projetos de inovação

A discussão sobre a perenidade das iniciativas inovadoras evidenciou um embate entre o tempo acadêmico e o tempo de criação e estruturação de um projeto real. O recorte temporal de um único semestre letivo mostrou-se insuficiente para o desenvolvimento completo de soluções com potencial de mercado. Sem um mecanismo institucional que ancore essas iniciativas, ideias promissoras tendem a se dissipar imediatamente após a avaliação final, resultando em um desperdício recorrente de capital intelectual e financeiro.

Diante desse cenário, foi consenso entre os participantes a necessidade de instituir programas formais de continuidade. Não basta apenas incentivar verbalmente, é preciso criar uma estrutura administrativa que permita o prosseguimento dos projetos para além das fronteiras das atividades acadêmicas, que atuaria como um cúpula de preservação e evolução, oferecendo o suporte necessário quando a atividade semestral se encerra. A criação desse programa é fundamental também para mediar questões complexas de gestão do conhecimento e propriedade intelectual.

Além disso, a formalização ajuda a combater a fragilidade no engajamento discente. Observou-se que, muitas vezes, os estudantes não se dedicam profundamente ou abandonam os projetos porque não enxergam um horizonte de futuro para aquele trabalho dentro da universidade. Ao institucionalizar a continuidade, a universidade sinaliza que aquele esforço tem valor e perenidade, incentivando uma postura mais profissional.

O exemplo do projeto *"Desafio de Introdução"*, criado pelo Programa ENG200 da UFMG, ilustrou como iniciativas tendem a se dissipar após a conclusão da atividade acadêmica, mas ressaltou-se que o apoio consistente de empresas parceiras, têm alterado essa realidade. A atuação de corporações no acompanhamento posterior das equipes, demonstra que a conexão com o mercado pode atuar como um pilar de sustentabilidade que a academia, isoladamente, tem dificuldades em prover.

Outra prática mencionada foi a implementação de um *"Banco de Problemas"*, no curso de Engenharia de Sistemas da UFMG. Essa estratégia visa contornar as dificuldades de prospecção, especialmente acentuadas para estudantes do turno noturno. Ao realizar mapeamento contínuo de dores e demandas reais do mercado desde o início da formação, constitui-se um repositório de dados qualificados. Esse banco não apenas insere os alunos em uma contextualização de temas relevantes mas também vincula o aprendizado à resolução de problemas concretos, aumentando a probabilidade de engajamento e a longevidade das soluções desenvolvidas ao longo do curso.

4.2 A superação da resistência docente no engajamento para a transformação do ensino

O segundo eixo de debate aprofundou-se nas barreiras para a implementação das DCNs de 2019. Ficou evidente que a inovação demanda uma mudança sistêmica. O ponto central identificado foi a existência de uma *"cultura de desconfiança"* vinda de muitos docentes, que, apegados ao modelo tradicional, subestimam a capacidade e o interesse dos discentes, resultando em uma pressão por métodos de avaliação punitivos em detrimento do aprendizado real.

A transição para um modelo de confiança e protagonismo exige compreender que a Metodologia Ativa é uma mudança de princípio educacional, não apenas uma mudança técnica. Argumentou-se que a substituição de exemplos abstratos por situações-problema em escala real e a promoção da interdisciplinaridade são fundamentais. Contudo, essa evolução não acontece muito por conta da resistência de

professores que priorizam a pesquisa em detrimento da docência, mantendo aulas inalteradas por décadas e encarando a inovação com ceticismo, o que muitas vezes marginaliza os colegas inovadores.

Para ilustrar a superação dessa resistência, foi compartilhado o caso da UNIFEI. Mesmo com aporte financeiro da empresa Vale para criação e aprimoração de laboratórios e capacitação externa, a mudança de mentalidade foi, e tem sido, o maior desafio. Relatou-se a experiência de uma docente que, ao notar uma taxa de reprovação de 50% em suas aulas tradicionais, buscou capacitação em metodologias ativas. Ao ajustar sua prática docente e corrigir falhas de aplicação, ela reduziu a reprovação para cerca de 20%, elevando qualitativamente o aprendizado.

Há também uma inércia por parte dos alunos, que muitas vezes interpretam a metodologia ativa como "preguiça" do professor ou falta de conteúdo, especialmente quando não há tempo hábil para leituras prévias se tratando de cursos noturnos. Portanto, a transformação exige uma ação coordenada: apoio da direção para legitimar as mudanças, formação continuada para os docentes e alinhamento de expectativas com os estudantes.

4.3 Indicadores para Mensuração de Resultados e Gestão do Conhecimento

O terceiro eixo de discussão abordou um desafio técnico e pedagógico: *“Como mensurar efetivamente o aprendizado em um ensino orientado por competências e projetos?”* Houve consenso de que os instrumentos avaliativos tradicionais não dão conta de capturar a complexidade do desenvolvimento discente. A avaliação precisa transitar de uma verificação de memorização para uma demonstração de capacidade, onde o aluno evidencie não apenas o que sabe, mas como ele manipula e aplica esse conhecimento na prática.

Nesse sentido, defendeu-se que a avaliação deve passar necessariamente pela atuação do estudante. Exemplos como a realização de júri simulado ou defesas orais de projetos, experiência da UFOP, foram citados como formas de obrigar o aluno a sair da zona de conforto para assumir o protagonismo do aprendizado. Essa mudança de postura é crucial para a gestão do conhecimento, pois transforma a informação recebida em competência exercida.

Para ilustrar como medir essa evolução, foi apresentado o caso prático do projeto das catapultas na Engenharia Física da EEL-USP. A estratégia adotada pela docente responsável dividiu a avaliação em duas etapas distintas para mensurar o progresso real. Na primeira entrega,

avalia-se a proposta inicial e fornece-se um *feedback* detalhado; na segunda entrega, os critérios de exigência são elevados, penalizando-se a não incorporação das melhorias. Dessa forma, o indicador de sucesso não é apenas a qualidade do produto final, mas a curva de evolução do estudante entre o ponto de partida e a entrega definitiva.

Outra abordagem mencionada, utilizada pela UFMG, foca no diagnóstico comparativo. A prática consiste em questionar os alunos no início do semestre sobre o que eles já sabem e quais são suas expectativas, estabelecendo uma linha de base. Isso permite que, ao final da atividade acadêmica, seja possível mensurar a diferença do aprendizado, tornando a avaliação mais justa e personalizada.

Contudo, para que essas inovações se consolidem, foi ressaltada a necessidade de estabelecer um processo de institucionalização formal. Muitos docentes ainda sentem-se inseguros em abandonar as avaliações tradicionais por falta de respaldo normativo. É fundamental que as instituições desenvolvam regulamentos internos que validem e amparem legalmente essas novas formas de mensuração, garantindo segurança normativa para que o professor consiga inovar e clarear os critérios para o estudante.

5 PILARES PARA O ESTABELECIMENTO DE UM ECOSISTEMA DE INOVAÇÕES CURRICULARES

Com o objetivo de superar os desafios apresentados na sessão anterior, a construção de um ecossistema de inovações curriculares exige uma abordagem sistêmica e perene, que vá além da adoção pontual de metodologias ativas ou de iniciativas isoladas. Trata-se da construção intencional de ambientes institucionais capazes de articular pessoas, estruturas, práticas pedagógicas e relações externas em torno de um propósito formativo comum, alinhado às DCNs de 2019. Nesse sentido, a consolidação de ecossistemas inovadores depende de mecanismos de governança, do fortalecimento do protagonismo estudantil, da integração efetiva entre currículo e prática e da conexão contínua com demandas reais da sociedade, cujos pilares são apresentados nesta sessão.

5.1 Governança e estrutura institucional do ecossistema de inovações curriculares

A consolidação de um ecossistema de inovação educacional demanda uma estrutura de governança clara, participativa e alinhada à

estratégia institucional. Mais do que iniciativas espontâneas, a inovação sustentável requer mecanismos formais de coordenação que articulem docentes, estudantes, gestores e instâncias colegiadas, garantindo coerência entre objetivos pedagógicos, práticas formativas e diretrizes curriculares. Nesse contexto, a governança atua como elemento organizador do ecossistema, definindo papéis, fluxos de decisão, critérios de priorização e formas de acompanhamento das ações desenvolvidas.

Uma estrutura institucional eficaz favorece a integração entre projetos, atividades acadêmicas, programas e setores da universidade, evitando a fragmentação de esforços e potencializando impactos. A participação ativa de coordenações de curso e conselhos superiores contribui para a legitimação das iniciativas inovadoras e para sua incorporação progressiva ao currículo e às políticas acadêmicas. Além disso, modelos de governança que valorizam a gestão compartilhada e a escuta ativa ampliam o engajamento da comunidade acadêmica e fortalecem o sentimento de pertencimento ao ecossistema.

Por fim, a adoção de referenciais de melhoria contínua, como ciclos de planejamento, execução, avaliação e ajuste, permite que o ecossistema se mantenha dinâmico e responsivo às transformações sociais, tecnológicas e institucionais. Dessa forma, a governança deixa de ser apenas um arranjo administrativo e passa a atuar como catalisadora da inovação educacional, criando condições para a perenidade, a escalabilidade e a replicabilidade das experiências desenvolvidas.

5.2 Protagonismo estudantil como elemento central da inovação curricular

O protagonismo estudantil constitui um dos pilares fundamentais de um ambiente inovador, ao deslocar o estudante de uma posição passiva para um papel ativo na construção do próprio processo formativo. Em ecossistemas, os discentes são reconhecidos como agentes de transformação, capazes de identificar problemas, propor soluções, liderar projetos e articular diferentes atores institucionais em torno de desafios reais. Essa abordagem está diretamente alinhada às DCNs de 2019, que enfatizam a autonomia, a responsabilidade e o desenvolvimento de competências ao longo da formação.

A valorização do protagonismo discente se materializa por meio de experiências formativas baseadas em projetos, desafios interdisciplinares, iniciativas estudantis organizadas e espaços institucionais que incentivam a autogestão e a tomada de decisão. Ao assumir responsabilidades concretas, os estudantes desenvolvem

competências técnicas, socioemocionais e empreendedoras, como liderança, trabalho em equipe, comunicação, pensamento crítico e visão sistêmica. Além disso, o envolvimento ativo em contextos reais fortalece o vínculo dos estudantes com a instituição e amplia o significado da aprendizagem.

Nesse sentido, o protagonismo estudantil não deve ser compreendido como uma ação pontual ou extracurricular, mas como um princípio estruturante do ecossistema de inovação. Para que se consolide, é necessário apoio institucional, reconhecimento formal das experiências vivenciadas e articulação com o currículo, garantindo que o engajamento discente contribua efetivamente para os objetivos formativos do curso. Assim, o protagonismo estudantil atua como motor do ecossistema, impulsionando a inovação pedagógica e a transformação da cultura acadêmica.

5.3 Integração entre currículo e os princípios das DCNs 2019

A consolidação de ecossistemas de inovação na Educação em Engenharia passa, necessariamente, pela integração intencional entre o currículo, as metodologias ativas e os princípios estabelecidos pelas DCNs de 2019. As DCNs propõem uma formação orientada ao desenvolvimento de competências, à interdisciplinaridade e à resolução de problemas reais, o que demanda currículos mais flexíveis, articulados e capazes de promover a conexão entre diferentes áreas do conhecimento. Nesse contexto, as metodologias ativas deixam de ser práticas isoladas e assumem o papel de estruturantes do processo formativo, viabilizando a articulação entre teoria, prática e contexto social.

Quando aplicadas devidamente, abordagens como Aprendizagem Baseada em Projetos favorecem a mobilização de competências técnicas, socioemocionais e éticas previstas nas DCNs de 2019. Essa integração exige alinhamento entre objetivos de aprendizagem, estratégias pedagógicas e processos avaliativos, além de investimento contínuo na formação docente. Assim, a coerência entre currículo e prática pedagógica fortalece o ecossistema de inovação, garantindo que a formação em Engenharia seja significativa, contextualizada e alinhada às demandas contemporâneas da sociedade.

5.4 Parcerias externas e sustentabilidade do ecossistema de inovações curriculares

As parcerias externas desempenham papel estratégico na consolidação desses ambientes, ao aproximar a formação acadêmica de demandas reais da sociedade, do setor produtivo e de organizações sociais. A interação com esses atores amplia o repertório formativo dos

estudantes, possibilitando a vivência de desafios concretos e o desenvolvimento de competências alinhadas às DCNs de 2019, como atuação ética, inovação e responsabilidade social.

Além de potencializar o impacto social das iniciativas, as parcerias contribuem para a sustentabilidade do ecossistema, ao fortalecer redes de colaboração, viabilizar recursos e garantir a continuidade das ações ao longo do tempo. Quando institucionalizadas e alinhadas ao projeto pedagógico dos cursos, essas relações externas deixam de ser pontuais e passam a integrar de forma estruturante o ecossistema de inovação, ampliando seu alcance e relevância.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste capítulo teve como objetivo evidenciar os desafios associados à promoção da inovação na educação em engenharia, bem como apontar possíveis caminhos para sua superação a partir da estruturação de um ecossistema de inovações curriculares.

A governança institucional destaca-se por promover coerência entre objetivos formativos, práticas pedagógicas e políticas acadêmicas, além de viabilizar a continuidade e a escalabilidade das iniciativas inovadoras. De forma complementar, o protagonismo estudantil emerge como eixo central da transformação educacional, ao posicionar o estudante como agente ativo do processo formativo e favorecer o desenvolvimento de competências técnicas, socioemocionais e éticas, em alinhamento às DCNs de 2019.

A integração efetiva entre currículo, metodologias ativas e processos avaliativos é fundamental para que a inovação deixe de ser uma prática pontual e passe a estruturar a formação em engenharia, exigindo investimento contínuo na formação docente e apoio institucional às práticas pedagógicas inovadoras. Nesse sentido, a existência de um ecossistema de inovação mostra-se essencial, pois fornece o suporte institucional, cultural e organizacional necessário para sustentar essas práticas, garantindo que a inovação seja contínua, integrada e significativa para a formação do estudante. Paralelamente, as parcerias externas estão inseridas nesse ecossistema também, fortalecendo a relevância social da universidade e contribuindo para a sustentabilidade das iniciativas, ao ampliar o impacto formativo e assegurar a continuidade das ações ao longo do tempo.

Dessa forma, conclui-se que a modernização curricular pelas DCNs de 2019 somente se efetiva quando sustentada por uma visão integrada e colaborativa, capaz de alinhar estruturas institucionais, práticas pedagógicas e relações externas em prol de uma formação em engenharia mais contextualizada, inovadora e socialmente comprometida.

REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade**: Pressupostos para as estratégias do trabalho em aula. Joinville, SC: Editora Univille, 2003.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014. E-book.

BONWELL, C. C.; JAMES, A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**: ASHE-ERIC Higher Education Report - The George Washington University, 1991.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R.. **Como as pessoas aprendem**: cérebro, mente, experiência e escola. São Paulo: Editora Senac, 2007.p. 51-76

BRASIL. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: Diário Oficial da União - DOU, 24 abr. 2019. v. 80, Seção 1, p. 1-6. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CN_EC_ESN22019.pdf. Acesso em: 22 dez. 2025

CARNEIRO, I. S. et al. **Júri simulado aplicado à engenharia**: estratégia de metodologias ativas em foco. 2019, Fortaleza: ABENGE, 2019. p. 1–6.

CHANG, M. Engineers in the 21st Century. **IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics**, vol. 6, n. 6, p. 976-977, dez. 2000.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **O futuro da formação em Engenharia:** uma articulação entre as demandas empresariais e as boas práticas nas universidades. Brasília: CNI/ABENGE/CNE/CONFEA, 2021. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/6/o-futuro-da-formacao-em-engenharia-uma-articulacao-entre-demandas-empresariais-e-boas-praticas-nas-universidades/>. Acesso em: 14 dez. 2025.

COWARD, H. R., AILES, C. P. e BARDON, R. Progress of the Engineering Education Coalitions. **National Science Foundation**, 2000.

CRAWLEY, E. F. **The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education.** Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2001.

DOOLITTLE, P.; WOJDAK, K.; WALTERS, A. Defining Active Learning : A Restricted Systematic Review. *Teaching & Learning Inquiry*, v. 11, p. 1–24, 2023.

DUDERSTADT, J. J. *Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education.* Michigan: The Millennium Project, University of Michigan, 2008.

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science , engineering , and mathematics. *PNAS*, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014.

GOLDBERG, D. E., CANGELLARIS, A. C., LOUI, M., PRICE, R. L. e LITCHFIELD, J. B. *iFoundry: Curriculum Reform Without Tears.* Proceedings of the 2008 ASEE IL/IN Section Conference, 2008.

JONES, M. E. The Renaissance Engineer: a Reality for the 21st Century? *European Journal of Engineering Education*, v. 28, n. 2, p. 169-178, jun. 2003.

LAMANCUSA, J. S., ZAYAS, J. L., SOYSTER, A. L., MORELL L., JORGENSEN, J. *The Learning Factory: Industry-Partnered Active*

Learning. Journal of Engineering Education, vol. 97, n. 1, p. 5-11, jan. 2008.

LATTUCA, L. R., TEREZINI, P. T. e VOLKWEIN, J. F. Engineering Change: A Study of the Impact of EC2000. Baltimore: ABET, Inc., 2008.

LONGO, W. P. PRODENGE: Uma Experiência Inovadora para o Progresso do Ensino e da Pesquisa em Engenharia. Anais do 2º Seminário Fluminense de Engenharia, Niterói, 1996.

MACEDO, K. D. S. et al. Metodologias ativas de aprendizagem: caminhos possíveis para inovação no ensino em saúde. v. 22, n. 3, p. 1–9, 2018.

MAYER, R. E. Rote versus meaningful learning. Theory into Practice, Columbus: College of Education University, v. 41, n.4, Autumn 2002, p. 226- 232.

MARTELLA, A. M.; KLAHR, D.; LI, W. The Relative Effectiveness of Different Active Learning Implementations in Teaching Elementary School Students How to Design Simple Experiments. Journal of Educational Psychology, v. 112, n. 8, p. 1582–1596, 2020.

MILLER, R. K. From the Ground Up: Rethinking Engineering Education for the 21st Century. Symposium on Engineering and Liberal Education, Schenectady, jun. 2010.

MITRE, S. M. et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde : debates atuais Active teaching-learning methodologies in health education : current debates. Ciência & Saúde Coletiva, v. 13, p. 2133–2144, 2008.

MORIN, E. Da necessidade de um pensamento complexo. Representação e complexidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2003, p. 68-78. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131796>. Acesso em 22 dez. 2025.

NGUYEN, K. A. et al. Instructor strategies to aid implementation of active learning: a systematic literature review. International Journal of STEM Education, v. 8, n. 9, p. 1–18, 2021.

OLIVEIRA, V. F.; NETO, O. M.; TOZZI, M. J. Desafios da Educação em Engenharia: Processos de Ingresso, Perfil do Professor, Aprendizagem Multidisciplinar, Inovação e Proposições. ABENGE, 2016.

OLIVEIRA, V. F.; TOZZI, M. J.; LODER, L. L. Desafios da Educação em Engenharia: Formação em Engenharia, Capacitação Docente, Experiências Metodológicas e Proposições. ABENGE, 2014.

POMBO, O. Interdisciplinaridade: entrevista. *Latin American Human Rights Studies*, [S. l.], v. 1, p. 1–22, out. 2021. Entrevista concedida a Helena Esser dos Reis. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/lahrs/article/view/70672>. Acesso em: 22 dez. 2025.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, n. July, p. 223–231, 2004.

SILVA, A. B.; BISPO, A. C. K. A.; COELHO, A. L. A. L. Metodologias ativas na educação superior: aprendendo e ensinando na prática docente. João Pessoa: Editora UFPB, 2024. Disponível em: <https://www.editora.ufpb.br/sistema/press5/index.php/UFPB/catalog/view/1/263/1082/12769>. Acesso em 22 dez. 2025.

SILVA, J. R. A docência em tempos de pandemia. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 2, n. 3, p. 296–301, 2021.

SILVEIRA, M. A. A Formação do Engenheiro Inovador: uma visão internacional. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005.

SILVEIRA Jr., C. R.. Sala de aula invertida: por onde começar?. Goiás: Instituto Federal Goiás, 2020. Disponível em: [https://ifg.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20\(21-12-2020\).pdf](https://ifg.edu.br/attachments/article/19169/Sala%20de%20aula%20invertida%20por%20onde%20come%C3%A7ar%20(21-12-2020).pdf). Acesso em: 22 dez. 2025.

SIMON, M. S. Novos tempos – Novos paradigmas para a educação: limites e desafios. *Educação Por Escrito*, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 192-205, 2012. Disponível em:

<https://revistaseletronicas.pucrs.br/poescrito/article/view/12000>. Acesso em 22 dez. 2025.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011. Disponível em: <https://www.facom.ufu.br/~william/Disciplinas%202018-2/BSI-GSI030-EngenhariaSoftware/Livro/engenhariaSoftwareSommerville.pdf>. Acesso em 22 dez. 2025.

SPLITT, F. G. The Challenge to Change: On Realizing the New Paradigm for Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, vol. 92, n. 2, p. 181-187, abr. 2003.

THEOBALD., E. et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *PNAS*, v. 117, n. 12, p. 6476–6483, 2020.

TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. (Org.). **A arte da formação em engenharia para os desafios do desenvolvimento sustentável**. Brasília: ABENGE, 2022. Disponível em: https://www.abenge.org.br/cobenge/2022/arquivos/LIVRO01FINALIZADO_%20SD%202022.pdf. Acesso em: 13 dez. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI). Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Computação. Itabira, MG: UNIFEI, 2023. Disponível em: <https://owncloud.unifei.edu.br/index.php/s/Vk07n0ImJ2jpQ6Y>. Acesso em 22 dez. 2025.

VALENÇA, A. K. A. Metodologias ativas no ensino de engenharia: Uma revisão bibliométrica. *Revista Produção Online*, v. 23, n. 2, p. 4982, 2023.

VAN DER WENDE, M. C. The Bologna Declaration: Enhancing the Transparency and Competitiveness of European Higher Education. *Higher Education in Europe*, vol. 25, n. 3, p. 305-310, jul. 2000.

VEST, C. M. Educating Engineers for 2020 and Beyond. *NAE Grand Challenges for Engineering*, 2005. Disponível em: <http://www.engineeringchallenges.org/cms/7126/7639.aspx>

CAPÍTULO 2

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

Maria do Carmo Duarte Freitas - Coordenadora
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Ricardo de Freitas Fernandes Pontes - Coordenador
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

Alessandro Ranulfo Lima Nery - Coordenador
Centro Universitário SENAC

Carlos Eduardo Santi - Coordenador
Instituto J&F

Dianne Magalhães Viana
Universidade de Brasília (UNB)

Liane Ludwig Loder
Valquíria Villas-Boas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Andromeda Goretti de Menezes Campos
Rutinelli da Penha Favero
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)

Ana Luisa Souza Rodrigues
Lilian Berton
Universidade Federal de São Paulo (USP)

Liliane Sheyla da Silva Fonseca
Leandro Honorato de Souza Silva
George Oliveira de Araújo Azevedo
Sergio Campello Oliveira
Universidade de Pernambuco (UPE)

Nathielle Cerqueira Alves
Rodrigo Damasceno Sampaio
Pablo Rodrigo Fica Piras
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Walter Aoiama Nagai
Lilian Barros Pereira Campos
Claudia Akemi Izeki
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Yasmin Barros Santos
Renato Martins das Neves
Universidade Federal de Pará (UFPA)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	40
2	FUNDAMENTOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL RELEVANTES PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....	43
	2.1 Conceitos, modelos de inteligência artificial.....	43
	2.2 Linha do tempo da inteligência artificial.....	44
3	ÉTICAS, VIESES E IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA IA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA	45
	3.1 Vieses em algoritmos (algorithmic bias) e desigualdades.....	46
	3.2 LLMs e dilemas éticos.....	47
	3.3 Impacto no mercado de trabalho.....	49
4	AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO.....	50
	4,1 Inteligência artificial generativa e a avaliação na engenharia.....	51
	4.2 Diretrizes pedagógicas e éticas para a integração da IA na avaliação.....	51
	4.3 A inteligência artificial no aprimoramento das técnicas de avaliação em sala de aula (CATs).....	53
	4.4 Ferramentas e plataformas: Potencial pedagógico e limites.....	54
	4.5 Avaliação mediada por competência.....	56
5	RELATOS DE USO DA IA EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA	57
	5,1 Relato 1 - Suporte técnico e depuração em projetos complexos em engenharia de computação.....	57

5.2	Relato 2 - Otimização da Avaliação por Rubricas em TBL.....	60
5.3	Relato 3 - Letramento digital e engenharia de prompts.....	62
5.4	Relato 4 - Uso auxiliar em engenharia civil.....	63
5.5	Relato 5 - Viés de gênero em sistemas de IA.....	64
5.6	Síntese conclusiva das aplicações de uso da IA.....	66
6	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO: SESSÃO DIRIGIDA.....	67
7	RESULTADOS DA SESSÃO DIRIGIDA.....	70
7.1	Percepções docentesCIA sobre a IA na docência.....	70
7.2	Percepções sobre IA no trabalho discente e na autonomia.....	71
7.3	Tensões éticas, vieses e integridade acadêmica.....	72
8	DISCUSSÃO SOBRE A IA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA.....	74
8.1	Articulação entre fundamentos, casos de uso e SD.....	74
8.2	IA como mediadora da avaliação e da formação em engenharia...	75
8.3	Mitigação de vieses e a avaliação de uso responsável da IA.....	76
8.4	Limitações do estudo e perspectivas de pesquisa.....	77
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
	REFERÊNCIAS.....	80

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

Na educação superior, particularmente na Educação em Engenharia, o cenário da inteligência artificial (IA) traz desafios e oportunidades que exigem uma revisão profunda das práticas formativas. As Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (Brasil, 2019) enfatizam a formação por competências, o pensamento crítico, a resolução de problemas complexos, a comunicação técnica, a tomada de decisão e a capacidade de aprendizagem autônoma, as quais são diretamente impactadas pela difusão da IA nos ambientes acadêmicos e profissionais.

Assim, compreender e integrar essas tecnologias com intencionalidade pedagógica torna-se condição necessária para alinhar a formação do engenheiro às exigências contemporâneas da prática profissional. Por conseguinte, a incorporação da IA demanda um novo perfil de docente.

A Inteligência Artificial (IA) tem avançado de forma acelerada tornando-se parte do cotidiano acadêmico, produtivo e social. Nos últimos cinco anos a popularização de plataformas como *ChatGPT*, *Copilot*, *Gemini* e *DeepSeek* intensificou esse movimento, impulsionada pelo desenvolvimento da IA generativa e dos *Large Language Models* (LLMs). Essas plataformas passaram a desempenhar papel relevante em atividades de escrita, análise e criação de conteúdos multimodais (Microsoft, 2024).

Evidências internacionais indicam que o Brasil apresenta um dos níveis mais altos de familiaridade e receptividade às tecnologias de IA. Segundo o relatório *Our Life with AI*, 75% dos trabalhadores brasileiros já utilizaram ou discutiram ferramentas de IA no ambiente profissional e 60% afirmam sentir entusiasmo com seu potencial (GOOGLE; IPSOS, 2024).

Acrescente-se que resultados convergentes do *Ipsos AI Monitor 2024* mostram que 66% dos brasileiros se dizem animados com produtos e serviços baseados em IA, acima da média global de 54%, e 57% percebem mais benefícios que riscos (IPSOS, 2024). Esse cenário sugere uma sociedade tecnologicamente envolvida e com elevadas expectativas de transformação nos próximos anos.

Estudos apontam a necessidade de políticas institucionais que promovam o desenvolvimento de competências digitais articulando domínio técnico, reflexão pedagógica e capacidade crítica, em consonância com o marco europeu *DigCompEdu* (Lucas e Moreira, 2018). Em 2025, a Unesco lança reflexões sobre o uso da IA sem perder o foco da mediação, julgamento e cuidado ético. Alerta para a necessidade da aquisição de competência docente no uso consciente da IA. Ressalta que ética, responsabilidade e transparência são princípios em destaque.

No campo da engenharia, essa demanda se intensifica, pois envolve interpretar resultados produzidos por sistemas inteligentes, avaliar riscos e validar respostas, exigindo que docentes mobilizem capacidades informacionais, pedagógicas e axiológicas, além das habilidades tecnológicas, para o uso responsável das tecnologias (Perin *et al.*, 2023).

Assim, no campo pedagógico, a IA generativa tem ampliado possibilidades de apoio ao ensino, aprendizagem e avaliação. Ferramentas baseadas em LLMs podem contribuir para a elaboração de materiais didáticos, a criação de rubricas, a produção de modelos de feedback e a síntese de conteúdos complexos (Barreto *et al.*, 2025).

A IA também tem ampliado a capacidade de analisar produções acadêmicas. Técnicas de Processamento de Linguagem Natural (NLP), por exemplo, têm sido empregadas na avaliação de textos, relatórios, *podcasts* e outros artefatos, oferecendo feedback imediato, diagnósticos personalizados e evidências úteis ao acompanhamento formativo (Allen, 2014; Ruiz-Dolz *et al.*, 2021; Rodriguez-Ruiz *et al.*, 2021). Tais recursos potencializam práticas avaliativas na engenharia, desde que orientados por critérios de validade, confiabilidade e equidade.

Por outro lado, a integração da IA no ensino exige atenção às implicações éticas e sociais do uso dessas tecnologias. Riscos relacionados ao viés algorítmico, opacidade dos modelos, privacidade de dados, dependência tecnológica e geração de informações incorretas com aparência de veracidade, as chamadas alucinações, tensionam a autonomia intelectual do estudante e demandam mediação docente crítica e responsável. Esses desafios são especialmente relevantes na formação de engenheiros, cujo campo de atuação envolve decisões técnicas com consequências sociais amplas (Benson, 2024; Heggler *et al.*, 2024; Souza; Zocal, 2025).

Diante desse cenário, torna-se evidente que a incorporação da IA na educação em engenharia é uma necessidade imediata. Além da questão da adoção tecnológica, aspectos pedagógicos, éticos e epistemológicos também devem ser levados em conta no processo. Embora

pesquisadores apontem benefícios associados à personalização da aprendizagem, ao apoio à avaliação formativa e à ampliação de estratégias de aprendizagem ativa (Silva, Perin, Freitas & Campigoto, 2024), permanecem questões que necessitam de mais estudos:

- (i) Como assegurar validade, confiabilidade e equidade no processo avaliativo?
- (ii) Como assegurar competências essenciais à formação do engenheiro, como raciocínio diagnóstico, criatividade, autonomia intelectual e responsabilidade técnica, em situações em que a IA pode ser utilizada?
- (iii) Que critérios devem orientar o docente na decisão sobre quando, como e em que medida integrar ferramentas baseadas em IA no ensino e na avaliação?
- (iv) Quais os riscos oriundos da dependência de modelos que podem gerar vieses, desinformação ou interpretações equivocadas de problemas complexos?

Essas questões revelam lacunas formativas e institucionais: embora a IA esteja disponível, a ausência de diretrizes pedagógicas pode ampliar desigualdades, comprometer a integridade acadêmica e reduzir o papel mediador do docente, ao invés de fortalecê-lo.

É nesse contexto que se insere este capítulo, cujo objetivo é identificar as melhores práticas para uso da IA, com fomento à colaboração interdisciplinar e recomendações para implementação em instituições de ensino. Para tanto, o texto traz reflexões críticas e fundamentos sobre a integração da IA em práticas pedagógicas na formação em engenharia mais eficazes, éticas e centradas no estudante. Dessa maneira, fortalece-se o papel do professor como mediador consciente, resultando em inovações que visem uma aprendizagem com sentido, equidade e qualidade.

Para isso, são apresentados fundamentos teóricos, implicações éticas, casos de uso em contextos reais e uma sistematização das percepções provocadas em uma Sessão Dirigida envolvendo autores e congressistas. Este capítulo é resultado da Sessão dirigida do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia realizado em Campinas, 2025. O propósito é oferecer subsídios ao docente de engenharia para que possam utilizar o potencial transformador da IA de forma responsável, crítica e alinhada às exigências formativas do engenheiro.

2 FUNDAMENTOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL RELEVANTES PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

A discussão a respeito dos fundamentos teóricos da inteligência artificial tem sido focada em conceitos, modelos e algoritmos, que servem de base para a área. Há também uma discussão sobre as implicações éticas e sociais do avanço da inteligência artificial, incluindo temas como vieses em algoritmos e o impacto no mercado de trabalho, bem como a história do desenvolvimento da IA e a existência de lacuna na literatura sobre o tema.

2.1 Conceitos, modelos de inteligência artificial

A Inteligência Artificial é compreendida como um conjunto de algoritmos e técnicas que permitem às máquinas o aprendizado de diversos tópicos a partir de dados e experiências anteriores, possibilitando a capacidade de tomar decisões de forma autônoma. A IA é também um campo da ciência da computação que desenvolve sistemas com a capacidade de simular comportamentos humanos inteligentes, como aprender, raciocinar, resolver problemas e tomar decisões (Russell & Norvig, 1995).

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) nos processos educacionais tem provocado transformações significativas no ensino superior, particularmente no que consta na avaliação dos alunos. A IA generativa se destaca por sua capacidade de criar novos conteúdos (Gozalo-Brizuela & Garrido-Merchán, 2023).

O rápido avanço observado nas plataformas de IA é impulsionado por LLMs, como o GPT-3.5 e GPT-4, que treina grandes quantidades de texto, para entender e gerar linguagem humana - Processamento de Linguagem Natural (NLP). Exemplos de plataformas baseadas em aplicações práticas e dilemas éticos relacionados com esta utilização em LLMs incluem *ChatGPT*, *Gemini*, *Scite*, *Elicit Copilot*, e *DeepSeek*, que se popularizaram rapidamente.

O *ChatGPT*, por exemplo, é treinado em bilhões de frases de textos públicos e responde a comandos em linguagem natural (Ray, 2023). O Gemini da Google gera textos e produz imagens a partir de comandos contendo descrições do que deve ser gerado. A geração de imagens é a especialidade da plataforma, o que torna ainda mais evidente a influência dos dados no viés visual. Ferramentas como sistemas de correção automatizada, assistentes de escrita baseados em IA generativa e plataformas de acompanhamento formativo têm sido exploradas como possibilidades para tornar o processo avaliativo mais

eficiente, personalizado e alinhado às demandas contemporâneas (Rodrigues, 2023).

Em síntese, os modelos e algoritmos vigente são marcados por uma transformação significativa impulsionada por:

- I. Inteligência Artificial Generativa (IA Generativa), uma vertente recente da IA que é capaz de criar novo conteúdo em diversos formatos, como texto, imagem e som.
- II. *Large Language Models* (LLMs) são treinados em grandes quantidades de texto para entender e gerar linguagem humana natural com alto nível de sofisticação. Exemplos de plataformas baseadas em LLMs incluem *ChatGPT*, *Gemini*, *Copilot*, e *DeepSeek*, que se popularizaram rapidamente.
- III. *Deep Learning* emergiu em 2006, utilizando redes neurais profundas para processar grandes conjuntos de dados, simulando o aprendizado humano.

No ensino superior a IA tem sido aplicada para personalizar o aprendizado e a experiência de aprendizagem, otimizar processos de ensino, apoiar a avaliação acadêmica e ampliar o acesso ao conhecimento (Giraffa & Khols-Santos, 2023). Em particular, na educação em engenharia, essas tecnologias oferecem também oportunidades promissoras para gerar automaticamente conteúdos didáticos, apoiar pesquisas e também realizar análises acadêmicas.

Entre as principais vantagens do uso das plataformas de IA, destacam-se a personalização das atividades, a eficiência na gestão do tempo e a melhoria da produtividade docente (Ferigato & Souza, 2024). Por outro lado, seu uso ainda está associado a desafios relevantes, como a possibilidade de perpetuação de preconceitos e vieses, a dependência tecnológica, a preocupação com privacidade e segurança, além da necessidade de capacitação docente para lidar com tais ferramentas de forma ética e crítica. A proposta de inovação pedagógica deve estar a serviço da aprendizagem com equidade e qualidade.

2.2 Linha do tempo da inteligência artificial

O campo da inteligência artificial tem raízes antigas, mas consolidou-se como área científica no século XX. No Quadro 1 tem-se um resumo da trajetória da IA.

Quadro 1 – Cronologia e Linha do Tempo da Inteligência Artificial

Ano	Fato Histórico
1950	Alan Turing propõe o “Teste de Turing”, perguntando “As máquinas podem pensar?” e introduzindo a ideia de comunicação indistinguível entre humanos e máquinas;
1956	O termo “inteligência artificial” é cunhado na Conferência de Dartmouth, considerada o nascimento oficial da área;
1966	Surge o primeiro chatbot, ELIZA, criado por <i>Joseph Weizenbaum</i> ;
1986	Redes Neurais Artificiais ganham popularidade, com modelos que simulam o aprendizado humano;
1997	O computador <i>Deep Blue</i> derrotou o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov;
2006	Surge o <i>Deep Learning</i> , com redes neurais profundas processando grandes conjuntos de dados;
2020-2023	Com a democratização dos LLMs (ex. GPT-3, ChatGPT), a IA torna-se amplamente acessível e usada no cotidiano educacional e profissional;
2022	Unesco lança o documento com as “Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial”.
2024	A União Europeia aprovou o AI Act, marcando a primeira regulação abrangente da IA no mundo.
2025	Unesco lançou o relatório “Marco referencial de competências em IA para professores”.

Fonte: dos Autores (2025)

Conceitualmente, a IA se divide em quatro grandes abordagens, conforme Russell e Norvig (1995): sistemas que pensam como humanos, sistemas que atuam como humanos, sistemas que pensam racionalmente, e sistemas que pensam atuam racionalmente. Cada uma dessas linhas reflete diferentes objetivos — desde simular o comportamento humano até tomar decisões baseadas em lógica. Kurzweil (1990) define IA como “a arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando realizadas por humanos”.

3 ÉTICAS, VIESES E IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA IA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

As ferramentas baseadas em IA, como sistemas de análise de desempenho, algoritmos de recomendação e também modelos generativos de linguagem natural, vêm sendo utilizadas em diferentes níveis educacionais. Essas ferramentas oferecem a possibilidade de personalização do ensino, automatização de feedbacks e

acompanhamento em tempo real da aprendizagem dos estudantes (Allen, 2014; Ruiz-Dolz *et al.*, 2021).

A adoção dessas tecnologias na educação cria naturalmente uma demanda para uma metodologia fundamental para sua aplicação, bem como impõe a consideração de aspectos éticos do uso da IA. Os recursos da IA causam debates críticos quanto à sua confiabilidade, à transparência algorítmica, à privacidade de dados, bem como ao risco de uma utilização acrítica que possa reduzir o papel da mediação docente de funções não essenciais (Annuš, 2024; Benson, 2024).

3.1 Vieses em algoritmos (algorithmic bias) e desigualdades

A IA não é neutra, apesar de seu potencial inovador. Os algoritmos que a compõem são treinados com grandes volumes de dados oriundos da sociedade. Quando esses dados refletem desigualdades históricas, como machismo, racismo ou elitismo, a IA tende a replicar e até reforçar esses padrões. Esse fenômeno é chamado de viés algorítmico (Verma, 2019; Barocas & Selbst, 2016).

Principais estruturas sobre o viés algoritmos presente nas discussões são viés de gênero, exclusão racial, riscos de alucinação.

O viés de gênero se manifesta quando os modelos de IA produzem respostas que reforçam estereótipos ou desvalorizam a figura feminina. Experimentos revelaram que a IA, ao gerar imagens de "cientistas" ou "engenheiros," produziu majoritariamente figuras masculinas. Além disso, a IA tendeu a atribuir características como "liderança" e "inovação" a homens, enquanto as mulheres eram descritas como "delicadas" ou "inseguras" em contextos semelhantes, reforçando estereótipos sutis (Min, 2023).

A exclusão racial está presente em alguns experimentos, diversas imagens geradas ignoram a presença de pessoas negras, indígenas ou com deficiência (Gupta *et al.*, 2021), o que constitui uma falha ética e viola o Estatuto da Igualdade Racial.

Os LLMs geram informações incorretas com aparência de verdade (riscos de alucinações), o que compromete a confiabilidade do conteúdo. Os resultados dos experimentos revelaram padrões sistemáticos de vieses de gênero nas respostas de IA generativa, principalmente nas imagens geradas e nas justificativas associadas a cada perfil (Parra *et al.*, 2022). Destacam-se os achados a predominância de representação masculina e atribuição diferenciada de competência (Wellner, 2022).

A predominância de representações masculinas se manifesta quando solicitada a geração de imagens de "cientistas", "engenheiros" ou "profissionais da tecnologia", a IA Gemini produziu majoritariamente

figuras masculinas e brancas. Em contraste, profissões como "enfermeira", "cozinheira" e "profissional de estética" foram representadas por mulheres. Essa segregação ocupacional digital espelha a visão tradicional de gênero no mercado de trabalho, onde mulheres são associadas ao cuidado e homens à inovação e liderança.

E a atribuição diferenciada de competências foi observado que, ao comparar imagens semelhantes de homens e mulheres, os modelos de IA atribuíram características como "liderança", "foco" e "inovação" aos homens, enquanto as mulheres eram descritas como "delicadas", "inseguras" ou "em início de carreira". Em um dos testes, a IA classificou um cientista homem como "inovador e comprometido".

Alguns experimentos com o *ChatGPT* e *DeepSeek* indicaram avanços como casos de neutralidade e melhoria. Em grande parte dos testes, os modelos apresentaram *descrições* neutras de gênero, evitando pronomes ou atribuições estereotipadas. Quando solicitado a descrever "uma pessoa formada em engenharia", o *ChatGPT* usou termos inclusivos como engenheiro ou engenheira e listou competências sem atribuição de gênero. O *DeepSeek* ao descrever um personagem de engenharia considerou tanto o gênero feminino, masculino como gênero neutro.

3.2 LLMs e dilemas éticos

A popularização de plataformas de IA trouxe à tona novos desafios que ainda não são bem compreendidos e que criadores de software, usuários, e a sociedade ainda procuram soluções. Entre estes desafios se encontram dilemas éticos (Cherukuri, 2020; Douglas *et al.*, 2025). Recentemente, surgiram algumas normas e guias para o uso de plataformas IA. Nos EUA, o NIST (*National Institute of Standards and Technology*) criou a norma AI-600-1 para guiar o projeto, o desenvolvimento e o uso de plataformas de IA.

A compreensão de como navegar por este novo cenário além de ser fundamental para que o potencial da IA seja explorado ao máximo, é ao mesmo tempo necessária para que seus riscos sejam mitigados e a garantia do controle humano sobre os sistemas inteligentes sejam garantidos. A Figura 1 mostra os principais dilemas éticos derivados do uso de LLMs.

Figura 1 - Principais dilemas éticos derivados do uso de LLMs



Fonte: Dos Autores (2026)

O funcionamento interno dos modelos de IA é, muitas vezes, pouco compreendido (problema da "caixa preta"), dificultando a explicação de suas decisões e a responsabilização. De maneira resumida, um LLM é dividido nas seguintes camadas: entrada, ocultas (intermediárias), e saída. Na camada de entrada um usuário insere o texto para análise da plataforma de IA via prompt. As camadas ocultas são responsáveis pela interpretação e processamento dos dados inseridos na camada de entrada. Por fim, a análise realizada pela LLM é mostrada ao usuário pela camada de saída (Ray, 2023).

Dilemas éticos podem surgir tanto em função de dados de entrada equivocados ou até mesmo maliciosos como também em função de um processamento da LLM equivocado. Ambos podem gerar dados de saída que causem problemas éticos. Além disso, os dados usados para treinar o LLM podem ser enviesados e também o usuário pode fazer mau uso dos dados de saída. LLMs são comumente do tipo modelo caixa preta, ou seja, não há transparência nos algoritmos, o que dificulta mais ainda a detecção da fonte de origem de erros nos dados de saída. Portanto, a complexidade da estrutura de um LLM pode causar uma lacuna de responsabilidade que é, como o nome sugere, uma dificuldade de se

atribuir responsabilidade ética pelo uso de plataformas de IA (Kiener, 2022; Porter *et al.*, 2025).

Usuários de plataformas de IA devem estar atentos ao problema de alucinações, ou seja, o LLM gera informações falsas com aparência de veracidade (Singh *et al.*, 2025). Isso pode acontecer devido ao chamado efeito borboleta, onde dados de entrada equivocados ou o treinamento falha da IA (model collapse ou colapso do modelo) levam a acúmulo de erros resultando na propagação de resultados falsos (Ferrara, 2025).

O uso de IA deve respeitar a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), evitando o compartilhamento de informações pessoais ou sensíveis, e deve incluir a verificação de possíveis vieses ou linguagem discriminatória nas respostas geradas.

Douglas *et al.* (2025) destacam os seguintes dilemas éticos no uso de plataformas de IA:

- a. Vieses nos Dados: A IA pode reproduzir e reforçar preconceitos existentes nos dados com os quais foi treinada.
- b. Privacidade e Segurança: O uso de dados sensíveis pode representar riscos à privacidade e violar normas como a LGPD (Golda *et al.*, 2024).
- c. Direitos Autorais: A geração de conteúdo baseado em dados existentes levanta dúvidas sobre autoria e possíveis plágios (Elali & Rachid, 2023).
- d. Dependência e Autonomia: O uso excessivo da IA pode reduzir a criatividade e o pensamento crítico, exigindo supervisão humana constante.
- e. Integridade Acadêmica: Há riscos associados à possibilidade de plágio, comprometimento de direitos autorais, e a perda da autonomia intelectual dos estudantes por dependência excessiva do modelo (Elali & Rachid, 2023).

O modelo formativo deve capacitar os professores para utilizar a IA como apoio ao processo avaliativo de forma crítica e ética, ampliando as possibilidades de aprendizagem no ensino e inovação sem abrir mão do intuito pedagógico e da equidade no processo educacional. A formação docente deve articular os princípios da LGPD e princípios éticos na análise, aplicação e interpretação de dados gerados por IA, e em referenciais pedagógicos que reforcem a centralidade da mediação docente.

3.3 Impacto no mercado de trabalho

A IA sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual

humana (Russell & Norvig, 1995). As práticas do mercado de trabalho são espelhadas na área da educação. No mercado de trabalho, engenheiros usam assistentes de codificação para aumentar a produtividade e a qualidade do código. Assim, mais do que um conceito técnico, a IA deve ser vista como uma ferramenta pedagógica, capaz de impulsionar a aprendizagem e a inovação — desde que integrada com crítica, responsabilidade e visão ética à formação do engenheiro contemporâneo.

Nesse cenário, habilidades como formulação de *prompts* eficazes, decomposição de problemas e avaliação crítica das saídas geradas pela IA tornam-se centrais, preparando os estudantes para os desafios profissionais. No entanto, o uso excessivo pode reduzir a criatividade e o pensamento crítico, assim exigindo uma supervisão humana constante (Wellner, 2022). Portanto, tornam-se importantes a depuração autônoma e o raciocínio diagnóstico nos engenheiros, uma vez que estas competências são essenciais na formação profissional. O cuidado com o enviesamento de soluções convencionais ou previamente documentadas para treinamento dos modelos de IA pode limitar a originalidade dos projetos.

4 AVALIAÇÃO E FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) nos processos educacionais tem produzido tensões e oportunidades que reconfiguram o papel da avaliação e da formação na engenharia. A popularização dos modelos generativos e dos LLMs ampliou o acesso a ferramentas capazes de sintetizar informações, gerar textos, elaborar exemplos e oferecer feedback imediato, criando novos cenários para práticas avaliativas (Santos e Cury, 2024; Fabre e Bertagnolli, 2025).

As Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia (BRASIL, 2019) exigem competências como raciocínio diagnóstico, tomada de decisão, autonomia intelectual e responsabilidade técnica, que dependem de mediação docente qualificada e de práticas avaliativas robustas. Neste contexto, a IA deve ser compreendida como mediadora pedagógica, cujo uso ético e formativo depende de desenho instrucional intencional, critérios transparentes e cultura institucional de avaliação crítica.

A seguir, são discutidos os fundamentos que articulam a IA, avaliação formativa e formação do engenheiro, evidenciando diretrizes, riscos e potencialidades, bem como o papel das Técnicas de Avaliação em Sala de Aula (CATs) no novo ecossistema avaliativo.

4.1 Inteligência artificial generativa e a avaliação na engenharia

A literatura recente indica que a IA generativa tem ampliado as possibilidades de apoio ao ensino, à aprendizagem e à avaliação. Ferramentas baseadas em LLMs, como *ChatGPT*, *Gemini*, *DeepSeek* e *Copilot*, operam por Processamento de Linguagem Natural (Microsoft, 2024), oferecendo recursos para elaboração de materiais didáticos, criação de rubricas, produção de modelos de feedback e síntese de conteúdo complexo (Barreto *et al.*, 2025).

Na avaliação formativa, central para cursos de engenharia, tais ferramentas apoiam a análise de textos, relatórios, códigos, mapas conceituais e outros artefatos acadêmicos, fornecendo feedback imediato e auxiliando diagnósticos personalizados (Allen, 2014; Ruiz-Dolz *et al.*, 2021; Rodriguez-Ruiz *et al.*, 2021).

Apesar disso, a integração pedagógica da IA permanece em construção. Estudos apontam lacunas importantes: ausência de diretrizes institucionais, formação docente insuficiente, riscos pedagógicos e éticos, e necessidade de validação prática dos modelos (Albino & Valente, 2023; Bottentuit Junior *et al.*, 2024; Perkins *et al.*, 2024). A adoção atual tende a se concentrar em tarefas auxiliares com menor incidência em avaliações formativas, simulações ativas e acompanhamento contínuo: preparação de materiais, organização de conteúdos, elaboração de atividades.

A literatura e os dados empíricos convergem ao indicar que a IA produz maior valor quando alinhada a práticas avaliativas baseadas em critérios explícitos, como rubricas e indicadores de desempenho, e quando opera integrada a desenhos pedagógicos estruturados. A *AI Assessment Scale* (AIAS), apresentada por Perkins *et al.* (2024), estrutura esse debate ao classificar níveis de integração da IA em avaliações desde apoio instrumental até colaboração avançada e destaca a necessidade de supervisão humana, transparência e alinhamento ético.

Assim, a IA fortalece a avaliação formativa desde que: (i) haja clareza de critérios; (ii) o docente meça, valide e interprete evidências; (iii) a ferramenta seja usada para ampliar, e não substituir, o raciocínio e o diagnóstico discente. Portanto, são necessárias diretrizes pedagógicas e Éticas para que a IA seja integrada na educação em engenharia.

4.2 Diretrizes pedagógicas e éticas para a integração da IA na avaliação

A introdução de IA em contextos avaliativos exige a articulação entre competências docentes, princípios éticos e referenciais legais.

Documentos como o DigCompEdu (Lucas & Moreira, 2018) e a Recomendação da UNESCO sobre Ética da IA (2021) apresentam princípios orientadores de transparência, supervisão humana, equidade e responsabilidade, que dialogam diretamente com a formação em engenharia.

A partir da literatura e dos achados empíricos apresentados neste capítulo, quatro diretrizes estruturam a integração responsável da IA em práticas avaliativas:

- I. Transparência e explicitação de critérios - a avaliação deve ser orientada por rubricas, indicadores observáveis e critérios verificáveis, permitindo que estudantes compreendam expectativas e que a IA opere com alinhamento pedagógico claro. Isso diminui riscos de distorções e reforça a equidade (Stevens & Levi, 2012; Weintrop, 2019).
- II. Supervisão humana e validação crítica - a IA produz respostas corretas, incorretas ou parcialmente verdadeiras com aparência de veracidade (alucinações). A mediação docente é indispensável para interpretar evidências, ajustar critérios, corrigir vieses e evitar dependência tecnológica (Benson, 2024; Souza & Zocal, 2025).
- III. Mitigação de vieses e conformidade legal - os modelos generativos reproduzem estereótipos e desigualdades presentes nos dados de treinamento (Verma, 2019; Barocas & Selbst, 2016). A integração da IA deve atender às exigências da LGPD, da legislação sobre igualdade de oportunidades e das diretrizes éticas internacionais, assegurando justiça algorítmica e inclusão.
- IV. Desenvolvimento de competências críticas e autonomia discente - o Raciocínio diagnóstico, depuração autônoma, formulação de problemas e validação de fontes são competências essenciais à engenharia e não podem ser delegadas à IA. A avaliação promove essas competências e, simultaneamente, ensina o estudante a interpretar criticamente saídas geradas por modelos inteligentes (Hegglar *et al.*, 2024).

Essas diretrizes sustentam o uso pedagógico avançado da IA e preparam o terreno para integrar, de modo estruturado, ferramentas de avaliação formativa como as Técnicas de Avaliação em Sala de Aula (CATs).

4.3 A inteligência artificial no aprimoramento das técnicas de avaliação em sala de aula (CATs)

As Técnicas de Avaliação em Sala de Aula (*Classroom Assessment Techniques - CATs*), propostas por Angelo e Cross (1993), constituem um conjunto de estratégias avaliativas de baixo custo, focadas em feedback rápido e aprendizagem contínua. As CATs favorecem o protagonismo discente, a autorregulação e o alinhamento pedagógico, características centrais para a formação do engenheiro conforme as DCNs (BRASIL, 2019).

A incorporação de IA e Tecnologias Digitais potencializa essas técnicas ao ampliar sua eficiência, adaptabilidade e riqueza de dados. Ferramentas de IA apoiadas por Processamento de Linguagem Natural e análise automatizada permitem: (i) coleta e visualização instantânea de respostas; (ii) identificação de padrões de dificuldade; (iii) síntese de conceitos e comparação entre soluções; (iv) geração automática de variações de questões e exemplos; (v) feedback imediato e personalizado.

Essas possibilidades ampliam o alcance pedagógico das CATs, mantendo sua natureza formativa, rápida e centrada no estudante. As dez CATs consolidadas por Angelo & Cross foram organizadas em três grupos funcionais, articulando seu aprimoramento por IA:

- a) CATs para diagnóstico inicial - Background Knowledge Probe, One-Sentence Summary. Contribuição da IA: geração de perguntas alternativas, análise automática de sínteses e identificação de lacunas conceituais iniciais.
- b) CATs para identificação de dificuldades - *Muddiest Point*, *Chain Notes*. Contribuição da IA: clusterização de dúvidas, visualização de padrões (*heatmaps*), detecção de conceitos problemáticos recorrentes.
- c) CATs para aplicação e transferência - *Application Cards*, *Pro/Con Grid*, *Categorizing Grid*, *Concept Maps*. Contribuição da IA: criação de cenários aplicados, reorganização semântica de conceitos, verificação da coerência estrutural dos mapas conceituais.

No entanto, é preciso advertir que o uso de CATs aprimora a IA, em especial, nas questões éticas e pedagógicas. Os riscos já discutidos no capítulo, como, dependência, superficialidade, vieses, alucinações e desumanização da avaliação, permanecem quando a IA é aplicada a instrumentos rápidos como CATs.

Assim, a supervisão docente permanece indispensável, pois garante a mediação crítica das interações com modelos de IA; a validação das

respostas geradas deve ser contínua, assegurando precisão e pertinência pedagógica; a autenticidade das evidências de aprendizagem precisa ser preservada, evitando distorções ou terceirizações indevidas; e a autonomia do estudante deve permanecer como eixo central do processo formativo, orientando o uso da tecnologia para ampliar e não substituir o desenvolvimento intelectual.

Portanto, a IA potencializa, e não substitui, a finalidade pedagógica das CATs: produzir evidências rápidas e formativas que apoiem a aprendizagem e orientem intervenções docentes.

4.4 Ferramentas e plataformas: Potencial pedagógico e limites

As ferramentas e plataformas de IA apresentam um potencial pedagógico significativo, sobretudo por possibilitarem a expansão e agilização do feedback, a geração de exemplos e questões alinhados aos objetivos de aprendizagem, a análise de dados produzidos pelos estudantes e o apoio ao planejamento e à organização didática (Rodrigues, 2023). Contudo, seu uso envolve limitações importantes, entre as quais se destacam os riscos éticos e de viés, a necessidade permanente de validação docente das respostas geradas, a tendência a usos superficiais quando não há um desenho pedagógico estruturado e o risco de dependência tecnológica que pode reduzir a autonomia discente.

Para que essas tecnologias sejam integradas de forma responsável e efetiva às práticas educativas, é necessário atender a condições essenciais, como o alinhamento com práticas avaliativas claras, incluindo rubricas e CATs, a oferta de formação docente contínua, a existência de políticas institucionais que orientem o uso responsável da IA e sua integração intencional com métodos de aprendizagem ativa, como TBL e PBL, que situam o estudante no centro do processo de aprendizagem.

Quadro 2 - Plataformas de Aprendizado e Ferramentas Digitais

Plataforma / Ferramenta		Tipo de Uso	Contexto de Aplicação - CATs
Plataforma de aprendizado	ChatGPT	LLM, IA Generativa (PLN)	Apoio técnico na construção de textos, sínteses, para planejamento, ideação e compreensão de documentos. Também no desenvolvimento de <i>templates</i> de <i>prompts</i> .
	Gemini (Gemini 2.5 Flash)	LLM, IA Generativa (PLN e imagem)	Ferramentas utilizadas em processos de aprendizado, pesquisa e produção. IA capaz de criar conteúdo novo em diversos formatos, como texto, imagem e som.

	DeepSeek	LLM, IA Generativa	Destaca-se por apresentar maior neutralidade na geração textual e de imagem.
	Copilot	IA Generativa (Assistente de codificação)	Uso para criar conteúdo original como textos, imagens, sons, ainda nas assistentes de codificação para aumentar a produtividade e a qualidade do código.
	Perplexity	IA Generativa	Utilizada como o apoio à preparação de materiais e organização de conteúdos, do que a aplicações diretamente integradas ao processo de ensino-aprendizagem em sala de aula.
Ferramentas digitais Aprimoradas por IA	Google Classroom	LMS e Plataforma de Avaliação	Utilizado para avaliação qualitativa e quantitativa dentro do fluxo de entrega e <i>feedback</i> , o que contribui para a transparência e organização do processo avaliativo mediado por rubrica.
	Plaud.AI	Software de Transcrição (IA)	Adotado para transcrever áudios de vídeos, entrevistas e/ou apresentações.
	Mentimeter / Slido	Aplicativos de Enquetes (com potencial IA)	<i>Feedback</i> em tempo real de respostas em atividades simultâneas em sala de aula.
	Edpuzzle / Kahoot	Plataformas de Aprendizado (com análise de dados por IA)	Fornecer análise de dados que identificam padrões em respostas incorretas e oferecem perguntas de acompanhamento personalizadas.
	MindMeister / Coggle	Ferramentas de Mapa Conceitual Digital	Avalia a estrutura e a correção, sugerindo conexões ausentes ou erros de hierarquia.
	Scite / Elicit / ChatPDF	Ferramentas de Pesquisa Acadêmica (LLMs)	Demonstração em oficinas para busca acadêmica, geração de resumos e apoio à pesquisa com aplicações práticas e dilemas éticos relacionados.

Fonte: Autoria Própria (2026)

As ferramentas listadas no Quadro 2, constituem um sistema de apoio ao ensino, à avaliação e à pesquisa. O uso pedagógico dessas ferramentas requer atenção a três dimensões: (i) potencial pedagógico; (ii) limitações; (iii) condições para uso eficaz.

Enfim, as ferramentas mencionadas, neste capítulo, como *Mentimeter*, *Slido*, *EdPuzzle*, *Kahoot*, *MindMeister*, *Coggle*, *Google*

Classroom, ChatGPT, Gemini e DeepSeek, possibilitam operacionalizar cada grupo de CATs, mantendo o foco na aprendizagem ativa.

4.5 Avaliação mediada por competência

A pesquisa trouxe relato sobre as melhores práticas para avaliação por competência com rubricas e IA, com fomento a colaboração interdisciplinar e recomendações para implementação em instituições de ensino. A avaliação mediada por rubricas garante critérios claros e objetivos no processo avaliativo (Freitas, 2017), sendo que a IA permite duas vertentes: i) as rubricas para avaliar o uso efetivo de atividades realizadas com IA; e ii) a aplicação das rubricas no aprendizado ativo, tornando a avaliação ágil, justa e personalizada.

A análise integrada de IA, avaliação e formação profissional evidencia que a tecnologia só produz valor educacional quando inserida em práticas avaliativas coerentes, mediadas por critérios explícitos, ética aplicada e participação ativa do estudante. A IA não substitui a avaliação formativa nem a mediação docente (Unesco, 2025); ela amplia condições para um ensino mais responsivo, transparente e alinhado às competências da engenharia.

Assim, uma das sugestões é o uso da avaliação por competências visando medir não só o conhecimento conceitual, mas também habilidades, atitudes e capacidade de aplicar saberes em contextos reais, propondo uma visão holística sobre o desempenho acadêmico (Vargas, 2025).

A formação por competência do engenheiro contemporâneo demanda a compreensão crítica das capacidades e limitações da IA, o domínio de ferramentas que permitam avaliar e produzir evidências de aprendizagem, o desenvolvimento de um pensamento ético, crítico e reflexivo para interpretar modelos e decisões automatizadas (Unesco, 2025) e, sobretudo, o protagonismo no uso consciente da tecnologia, buscando compreender o que foi aprendido para guiar e apoiar o progresso do estudante (Rodrigues; Pires; Pinto, 2022).

Essa compreensão estabelece a base teórica e metodológica para apresentar os relatos de aplicação em CATs voltados às práticas reais demonstrando como a IA pode ser integrada de forma estratégica, ética e pedagógica na educação em engenharia.

5 RELATOS DE USO DA IA EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

A adoção de tecnologias novas não ocorre de forma uniforme entre os diferentes grupos etários, sendo necessário considerar estratégias de formação diferenciadas que promovam tanto a atualização tecnológica dos docentes mais experientes quanto o fortalecimento das práticas pedagógicas dos mais jovens, assegurando uma integração equilibrada e efetiva da IA no processo de ensino-aprendizagem.

Entre os docentes que utilizam IA, as formas de aplicação mais mencionadas foram a elaboração de atividades de aula, simulações didáticas, organização de rubricas de avaliação e apoio a debates acadêmicos. Também foram citadas plataformas como *ChatGPT*, *Gemini* e *Perplexity*. Observa-se que as práticas estão mais voltadas a usos auxiliares, como o apoio à preparação de materiais e organização de conteúdos, do que a aplicações diretamente integradas ao processo de ensino-aprendizagem em sala de aula.

Os casos de uso elaborados nos textos são prática de aplicação da IA em quatro dimensões principais: suporte técnico e de codificação (Engenharia de Computação), otimização da avaliação formativa (TBL e CATs), letramento crítico e suporte administrativo. Cada relato será apresentado com os seguintes itens: (I) contexto e objetivos, (II) Desenho pedagógico e uso da IA, (III) Resultados observados e (IV) Implicações para práticas docentes em engenharia.

5.1 Relato 1 - Suporte técnico e depuração em projetos complexos em engenharia de computação

O uso da IA na educação e nos processos educacionais trouxe transformações significativas na forma de ensinar, principalmente no ensino superior. Na forma de avaliar, produzir uma aula, no aprendizado dos alunos, a forma de aprender.

Assim, são alterados a prática pedagógica, a forma de ensinar, o acesso ao conhecimento, a velocidade de produção de conhecimento e o acesso ao conhecimento. Desta forma, o docente deve repensar a sua prática e o seu papel, o mesmo deve ser feito com relação a prática pedagógica e o papel do aluno.

A) Contexto e objetivos

Nesse relato a prática pedagógica adotada organizou uma experiência de aprendizagem baseada em projetos, denominada Projeto Integração, cujo objetivo envolvia a criação de uma aplicação Web funcional utilizando três linguagens de programação distintas: *Rust*, *Go* e

Dart. Para o acompanhamento do trabalho dos alunos foram estipuladas entregas parcial e final, para cada entrega foi feita uma apresentação.

A proposta é mostrar a necessidade de uma orientação a docentes e educadores sobre uma atuação consciente do uso de IA, os desafios e possibilidades ao usar IA no processo de ensino e aprendizagem.

B) Desenho pedagógico e uso da IA

O uso de IA modifica ou traz alguns aspectos novos ao processo de ensino e aprendizagem, por exemplo, o que deverá ser avaliado, como avaliar. Assim, o uso de IA faz com que um novo modelo ou tipo de desenho pedagógico seja utilizado.

No caso em questão considerando uma disciplina na qual não haveria o uso de IA o foco da avaliação deveria ser na capacidade de escrever o código, com o uso da IA, além de escrever o código o aluno deverá ser capaz de gerenciar e combinar tecnologias, desta forma, o uso de IA afeta o desenho pedagógico do curso.

C) Resultados observados

Como os alunos não conheciam as linguagens *Rust*, *Go* e *Dart* durante o curso. Esse cenário de alta complexidade técnica criou um ambiente propício para que a IA se tornasse uma ferramenta de apoio relevante, não substituindo o aprendizado, mas fazendo com que os alunos se preocupassem com a integração e não ficassem impedidos de se desenvolver por não conhecerem a estrutura das linguagens.

Essa abordagem modificou o foco da avaliação, que passou a abranger a competência de combinar e gerenciar tecnologias utilizando modelos de IA, em vez de apenas medir a capacidade de escrever código. Nesse cenário, habilidades como formulação de prompts eficazes, decomposição de problemas e avaliação crítica de saídas geradas pela IA tornam-se centrais.

Os alunos perceberam as possibilidades e percepções de uso de IA e como a IA preencher lacunas no conhecimento, para ajudar no refinamento das soluções desenvolvidas e orientadas a resolução de problemas.

D) Implicações para práticas docentes em engenharia

A prática de aprendizagem baseada em projetos, aplicada na disciplina de Linguagens de Programação do curso de Engenharia de Computação, possibilitou o letramento em inteligência artificial dos estudantes participantes. A experiência utilizou a *Artificial Intelligence*

Assessment Scale (AIAS) (Perkins *et al.*, 2024) como referência para a avaliação do uso de IA nos projetos desenvolvidos Quadro 3.

Quadro 3. Escala de Avaliação de Inteligência Artificial (AIAS).

1	Sem uso de IA	A avaliação é realizada inteiramente sem qualquer assistência de inteligência artificial. Esse nível garante que os estudantes dependam exclusivamente de seus próprios conhecimentos, compreensões e habilidades. Não é permitido o uso de IA em nenhum momento durante a avaliação.
2	Geração e estruturação de ideias assistida por IA	A IA pode ser utilizada na avaliação para atividades como <i>brainstorming</i> . Criação de estruturas e geração de ideias para aprimorar o trabalho. Nenhum conteúdo gerado por IA pode ser incluído na versão final submetida.
3	Edição assistida por IA	A IA pode ser utilizada para aprimorar a clareza ou a qualidade de um trabalho produzido pelo estudante, visando melhorar o resultado final. Contudo, não é permitido criar novo conteúdo com o uso de IA. O trabalho original, sem qualquer conteúdo gerado por IA, deve ser apresentado em anexo.
4	Realização de tarefas com IA e avaliação humana	A IA é utilizada para realizar determinados elementos de tarefa, cabendo ao estudante fornecer discussão ou comentários sobre o conteúdo gerado pela IA. Esse nível exige engajamento crítico com o conteúdo produzido pela IA e a avaliação de sua qualidade. O uso da IA para executar tarefas específicas deve ser citado.
5	Uso completo de IA	A IA deve ser utilizada como uma espécie de co-piloto para atender aos requisitos da avaliação, permitindo uma abordagem colaborativa com a IA e ampliando a criatividade. É permitido o uso de IA em todo o processo avaliativo para apoiar o trabalho do estudante, sem necessidade de especificar quais partes foram geradas pela IA.

Fonte: Perkins *et al.* (2024)

A discussão sobre avaliação com IA no ensino superior tem como base referenciais como o modelo AIAS, conforme mostrado no Quadro 3, que categoriza tarefas avaliativas conforme o nível de integração da IA, do apoio instrumental até a geração autônoma de respostas (Perkins *et al.*, 2024). Esse modelo tem sido utilizado para orientar formações docentes que visam o uso pedagógico consciente da IA.

Desse modo, a AIAS constitui um instrumento prático, de aplicação simplificada e abrangência suficiente para viabilizar a integração de

ferramentas de inteligência artificial generativa (GenAI) em processos avaliativos no âmbito educacional (Perkins *et al.*, 2024).

5.2 Relato 2 - Otimização da Avaliação por Rubricas em TBL

O uso de metodologias ativas no ensino superior tem aumentado e impulsionado o desenvolvimento de novas estratégias de ensino e avaliação, aumentando o alinhamento das estratégias de avaliação às competências previstas nos currículos. Assim, a metodologia de Aprendizado Baseado em Equipe (*Team-Based Learning* -TBL) se destaca por estruturar o processo de aprendizagem em etapas colaborativas e baseadas em resolução de problemas significativos (Sibley e Ostafichuk, 2014). Porém, a avaliação efetiva das competências envolvidas no TBL é ainda um desafio devido ao perfil heterogêneo dos alunos e a quantidade de alunos nas turmas.

A) Contexto e objetivos

Neste caso, é proposto um modelo para aplicação de rubricas baseadas em competências no *Google Classroom*, integrando o uso de Inteligência Artificial (IA) generativa como suporte à avaliação na metodologia TBL. A proposta visa otimizar o processo avaliativo nas três etapas do TBL: preparação, garantia de preparação e aplicação de conceito, por meio de rubricas alinhadas a indicadores de competência e automatização parcial do feedback.

Um modelo para utilização do *Google Classroom* é usado na aplicação de rubricas de avaliação por competências com suporte de IA generativa na metodologia TBL, propondo um fluxo integrado desde o planejamento até a análise dos resultados. A avaliação por competências visa medir não só o conhecimento conceitual, mas também habilidades, atitudes e a capacidade de aplicar saberes em contextos reais, propondo uma visão holística sobre o desempenho acadêmico (Vargas, 2025). Dentro dessa perspectiva, as rubricas têm se mostrado instrumentos eficazes, pois permitem a definição de critérios claros, níveis gradativos de desempenho e o acompanhamento da evolução do aluno (Weintrop, 2019).

B) Desenho pedagógico e uso da IA

A IA foi utilizada como um suporte na metodologia do TBL, assim, o desenvolvimento considerou o uso da IA no desenvolvimento da atividade sendo que a IA foi concebida como uma forma de apoio para o desenvolvimento dos alunos.

Na engenharia, rubricas bem elaboradas ampliam a consistência da avaliação e oferecem feedbacks mais significativos (Campbell &

Padayachee, 2023). O *Team Based Learning* (TBL) é uma metodologia de aprendizagem ativa organizada em três fases: (1) preparação individual (*pre-class preparation*), (2) garantia de preparo com testes individuais (iRAT) e em equipe (tRAT), e (3) aplicação colaborativa de conhecimento (Sibley & Ostafichuk, 2014). Cada fase desenvolve competências distintas, incluindo o pensamento crítico, a colaboração e a resolução de problemas.

C) Resultados observados

A Metodologia de Projeto e Aplicação resultou num *template* de *prompts* que atua em cinco blocos do processo avaliativo. O primeiro bloco consiste na definição de competências e indicadores, partindo da análise da ementa da disciplina e das competências previstas no plano de ensino. Essas competências são desdobradas em indicadores de desempenho observáveis e mensuráveis, capazes de orientar a avaliação. A IA generativa é utilizada para transformar essa análise em um mapeamento estruturado, facilitando a clareza dos critérios.

O segundo bloco envolve a criação da rubrica, com critérios derivados dos indicadores, descritores de desempenho claros e níveis graduados, como “Excelente”, “Bom”, “Regular” e “Insuficiente”. Essa etapa também permite a definição de pesos diferenciados de acordo com a relevância de cada competência. A IA generativa atua na produção de versões iniciais das rubricas, já formatadas para uso direto no *Google Classroom*.

No terceiro bloco, ocorre a geração de *feedback* automático para cada critério e nível de desempenho. Com base na rubrica definida, a IA generativa cria mensagens curtas e construtivas, personalizadas de acordo com o desempenho do estudante, promovendo devolutivas mais ágeis e consistentes.

O quarto bloco corresponde à elaboração de questões para o iRAT (*Individual Readiness Assurance Test*) e tRAT (*Team Readiness Assurance Test*), integrando verificação de preparo individual e coletivo. A IA generativa é empregada para produzir questões objetivas e abertas, com gabaritos e respostas-modelo, garantindo alinhamento aos objetivos de aprendizagem.

O quinto bloco refere-se à análise de desempenho, que utiliza os dados das rubricas exportados do *Google Classroom* para identificar padrões, pontos fortes e fragilidades. A IA generativa é empregada na interpretação desses dados, sugerindo ajustes pedagógicos e atividades de reforço, promovendo uma avaliação contínua, formativa e voltada à melhoria do desempenho acadêmico.

Assim, espera-se maior clareza nos critérios de avaliação, redução no tempo necessário para a elaboração de rubricas e retorno das notas aos alunos e um melhor alinhamento entre as atividades propostas e as competências avaliadas.

D) Implicações para práticas docentes em engenharia

O uso de uma ferramenta de avaliação ao se utilizar a metodologia TBL com uma maior clareza nos critérios de avaliação para estudantes e professores, favorecendo a transparência e a compreensão das expectativas de desempenho desde o início das atividades. Ainda permite a redução do tempo necessário para a elaboração de rubricas e a geração de feedbacks com o apoio de ferramentas de IA generativa.

Por fim, a utilização de rubricas digitais integradas ao *Google Classroom* possibilita a obtenção de dados estruturados sobre o desempenho individual e coletivo. Esses dados podem ser analisados por métricas como distribuição de notas por critério, evolução de desempenho entre etapas do TBL e taxa de alcance dos níveis de excelência.

5.3 Relato 3 - Letramento digital e engenharia de prompts

A) Contexto e objetivos

Este relato apresenta a realização de um ciclo de oficinas sobre o uso crítico de IA na formação acadêmica. O uso da IA tem motivado uma discussão sobre como deveria ser o uso da IA nos processos educacionais.

A proposta das oficinas além de desenvolver os alunos no uso de IA, mas também uma postura ética e crítica em relação ao uso de IA.

B) Desenho pedagógico e uso da IA

Na atividade foram trabalhados os fundamentos históricos, o uso de ferramentas baseadas em LLMs, aplicações práticas e dilemas éticos relacionados com esta utilização.

A metodologia adotada foi oficina expositivo-interativa estruturada em quatro eixos principais: [1] fundamentos e histórico da IA, [2] demonstração de ferramentas baseadas em LLMs, [3] aplicações práticas e [4] dilemas éticos. Durante toda a atividade, os ministrantes apresentaram o funcionamento das tecnologias das ferramentas baseadas em LLM e, simultaneamente, estimularam a discussão crítica sobre sua utilização, abordando:

- Engenharia de Prompts: Ensinar os estudantes a criar comandos (*prompts*) mais específicos, organizados e contextualizados para

aumentar a eficácia da interação com modelos como *ChatGPT* e *Gemini*.

- Diversificação de Ferramentas: Demonstração prática de ferramentas LLMs e de pesquisa acadêmica, ampliando o repertório do estudante além dos *chatbots* mais comuns.
- Aplicações Acadêmicas: Geração de resumos, busca acadêmica, tradução técnica, criação de mapas mentais.
- Postura Crítica: Incentivar os estudantes a revisar as saídas geradas pela IA e a combinar o uso de LLMs com fontes confiáveis, mitigando os riscos de plágio e aprendizado superficial.

C) Resultados observados

Os alunos tiveram uma alteração de postura relacionada ao uso das plataformas, começaram a utilizar as ferramentas com mais segurança e criticidade, revisando as respostas geradas e aprendendo a combinar o uso de LLMs com fontes confiáveis, evitando o uso automático das respostas geradas e reduzindo os riscos de plágios ou de aprendizado superficial.

O uso de plataformas como *Scite*, *ChatPDF* e *Elicit* ampliou o repertório para além do uso comum de ferramentas como *ChatGPT* e *Gemini*, promovendo maior produtividade e autonomia no estudo.

D) Implicações para práticas docentes em engenharia

Este relato mostra que o aluno precisa ser introduzido ao uso de IA de uma forma reflexiva e crítica além do uso enquanto ferramenta, essa introdução deve ser feita antes ou em conjunto com o aluno utilizar a IA como ferramenta nas disciplinas. O uso das plataformas também deve ser ensinado de forma crítica ao aluno, para que não use de forma indiscriminada uma determinada plataforma, quando poderia utilizar uma plataforma mais adequada para uma determinada finalidade.

5.4 Relato 4 - Uso auxiliar em engenharia civil

A) Contexto e objetivos

A adoção de tecnologias não ocorre de forma uniforme entre os diferentes grupos etários, sendo necessário considerar estratégias de formação diferenciadas que promovam tanto a atualização tecnológica dos docentes mais experientes quanto o fortalecimento das práticas pedagógicas dos mais jovens, assegurando uma integração equilibrada e efetiva da IA no processo de ensino- aprendizagem.

O relato tem como proposta mostrar como os docentes do curso de Engenharia Civil da UFPA têm utilizado a IA em atividades acadêmicas.

B) Método de pesquisa sobre o uso da IA

Trata de pesquisa descritiva e exploratória com dados coletados por meio de um questionário eletrônico enviado aos docentes do curso de Engenharia Civil. A investigação buscou entender se os docentes utilizam a IA em atividades acadêmicas e como era seu uso.

C) Resultados observados

Como resultado da pesquisa, dos respondentes, 40% declararam que utilizam ferramentas de IA em suas práticas. Dos docentes que responderam que utilizam IA, o uso ocorre nas disciplinas mais variadas, desde de conteúdo técnico como concreto até disciplinas voltadas à gestão e planejamento. Essa diversidade pode ser entendida com o uso da IA pode ser feito em diversos níveis e com diversas aplicações.

Com relação ao uso da IA, este é predominante em atividades auxiliares ou de planejamento de materiais e em organização de conteúdo, e em menor escala em aplicações diretamente integradas ao processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Entre as práticas de uso auxiliar foram citadas elaboração de materiais e atividades de aula, organização de atividades e rubricas de avaliação e simulações didáticas e apoio a debates acadêmicos.

Este caso demonstra que, embora a IA tenha potencial para atuar em disciplinas técnicas complexas (como simulações e análise de dados), sua implementação ainda se concentra em otimizar as tarefas administrativas e de preparação do docente. Esses dados indicam que, apesar do reconhecimento do potencial da IA para otimizar o ensino, a incorporação de suas funcionalidades mais estratégicas ainda está em estágio inicial, ressaltando a necessidade de programas de capacitação e diretrizes institucionais que incentivem o uso pedagógico mais abrangente.

D) Implicações para práticas docentes em engenharia

Este relato não traz implicações nas práticas docentes, mas evidencia a necessidade dos docentes se adaptarem à IA e conhecerem suas aplicações, e a necessidade de uma formação para o uso da IA. E como este uso poderia auxiliar na formação do engenheiro em todos os aspectos, ético e técnico, por exemplo.

5.5 Relato 5 - Viés de gênero em sistemas de IA

A necessidade de uma formação ética é importante na formação do engenheiro como de qualquer profissão, com o uso da IA isso se torna

mais latente, pois o resultado gerado pela IA é resultado da forma que é treinada. Assim, se a IA é treinada com viés ou é utilizado um repertório com viés para o treino da IA o resultado será uma resposta sem ética ou questionável.

A) Contexto e objetivos

Trata de um estudo realizado no projeto “Mulheres nas Exatas” da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), que investigou a presença de viés de gênero em sistemas de inteligência artificial (IA) generativa (*Gemini*, *ChatGPT*, *DeepSeek* e *Copilot*). Foram elaborados prompts estruturados construindo conteúdo para geração de imagens de pessoas em diferentes profissões.

O estudo fundamenta-se em princípios legais (como a Constituição Federal e a CEDAW Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra a Mulher) e em referências técnicas, propondo ações educativas, regulatórias e de engenharia responsável para eliminar esses vieses.

B) Desenho pedagógico e uso da IA

Como mostrado em outros relatos, a IA se apresenta como ferramenta importante para a formação do aluno não apenas no aspecto técnico, mas no desenvolvimento de habilidades gerenciais, relacionais e éticas, por exemplo.

Assim, ao considerar o uso da IA em sua prática o docente deverá antever as possibilidades de resultados gerados e como ocorrerá a interpretação do aluno perante esse resultado. Por exemplo, pode ou não reforçar um preconceito dos alunos.

O docente considerará a base de dados utilizada, como foi o treino da IA, no planejamento pedagógico o professor deverá entender a abrangência e as possibilidades geradas com o uso da IA. Portanto, no seu planejamento o docente deverá entender as possibilidades do uso da IA e como este pode ser utilizado na formação e desenvolvimento do aluno.

C) Resultados observados

Os experimentos revelaram que, mesmo em sistemas de última geração, ainda há reprodução de estereótipos de gênero, especialmente em áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O viés foi avaliado por meio de critérios como linguagem estereotipada, predomínio de um gênero em certas profissões e atribuição desigual de competências (ex: associar "liderança" a homens e "delicadeza" a mulheres)

D) Implicações para práticas docentes em engenharia

Concluiu-se que a forma como os sistemas são treinados e os dados utilizados impactam diretamente a neutralidade do conteúdo gerado. A pesquisa propõe estratégias de mitigação do viés, com ênfase na formação ética de engenheiros e engenheiras de IA.

O viés mostrado pela pesquisa pode ocorrer para outros conceitos, por isso é importante ressaltar que a forma que a IA é treinada pode gerar resultados com viés.

5.6 Síntese conclusiva das aplicações de uso da IA

Embora o uso da tecnologia e plataforma de IA pelos docentes ainda seja limitado, projeta-se uma expansão positiva, condicionada à capacitação adequada e ao estabelecimento de diretrizes institucionais que assegurem a integração pedagógica abrangente da IA.

Na educação em engenharia, essas tecnologias oferecem oportunidades promissoras para personalizar a experiência de aprendizagem, gerar automaticamente conteúdo didático, apoiar pesquisas e análises acadêmicas. A tendência mais evidente é a aceleração da adoção e a democratização dos LLMs (como *ChatGPT* e *Gemini*), que se tornaram amplamente acessíveis no cotidiano educacional e profissional.

A IA Generativa é capaz de inovar gerando conteúdo em diversos formatos (texto, imagem, som, vídeo), uma habilidade que anteriormente era considerada privativa da capacidade humana. As inovações tecnológicas, como o Processamento de Linguagem Natural (PLN), são projetadas para aprimorar técnicas de avaliação em sala de aula (CATs), oferecendo feedback em tempo real, questionamento adaptativo e avaliações mais personalizadas, tornando a aprendizagem mais significativa e contínua.

Enfim, o futuro da avaliação envolve o uso de instrumentos práticos, como a *AI Assessment Scale* (AIAS), que orientam os educadores na definição do nível adequado de utilização da *GenAI*, do apoio instrumental até a colaboração completa.

As tendências do mercado de trabalho apontam para a IA que ela se torne um "colaborador técnico" na engenharia, propiciando o aumento da produtividade na educação. Neste cenário, as competências centrais para o futuro profissional migram para a centralidade do *prompt*, exigindo habilidades em sua formulação, na decomposição de problemas e na avaliação crítica das respostas geradas pela IA.

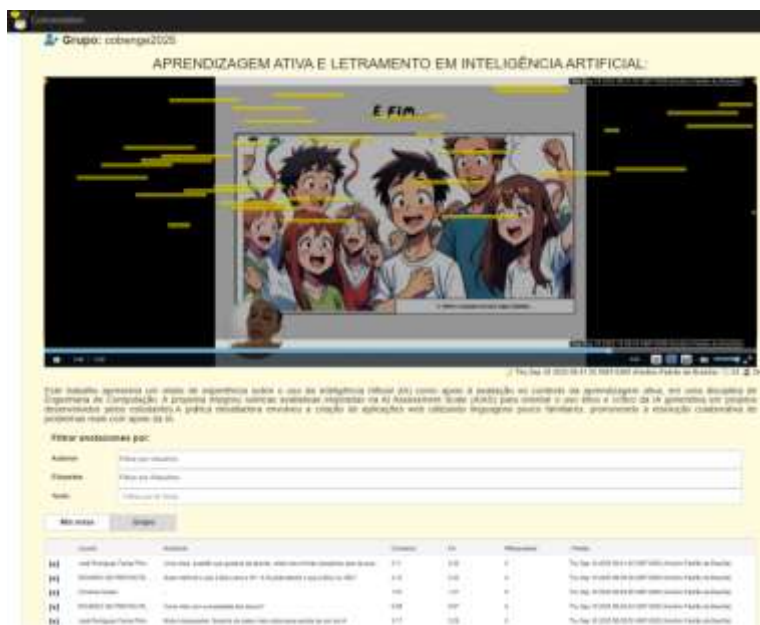
As discussões teóricas e os relatos de aplicação e uso da IA nas práticas dos docentes em suas CATs, conduzem a etapa de debate na sessão dirigida em Campinas, durante o Cobenge.

6 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO: SESSÃO DIRIGIDA

A sessão dirigida (SD) foi conduzida garantindo um debate produtivo e o aprimoramento dos temas abordados nos artigos submetidos e aceitos pelos proponentes da SD. Os autores foram convidados a enviarem suas apresentações e também um vídeo pôster. Cada um dos autores explanou seu trabalho entre 3 e 5 minutos para ampliar a discussão sobre os temas.

Na sequência, para aumentar o engajamento, todos os autores/participantes foram convidados a utilizarem uma ferramenta de anotação em vídeo - *CoAnnotation* (Figura 2). Essa ferramenta permite a quem assiste ao vídeo fazer comentários sobre os vídeos e também sobre as anotações já realizadas, assim criando um debate entre pares de forma construtiva e gerando conhecimento.

Figura 2 - Tela da ferramenta de anotação *CoAnnotation*



Fon77te: Dos Autores (2026)

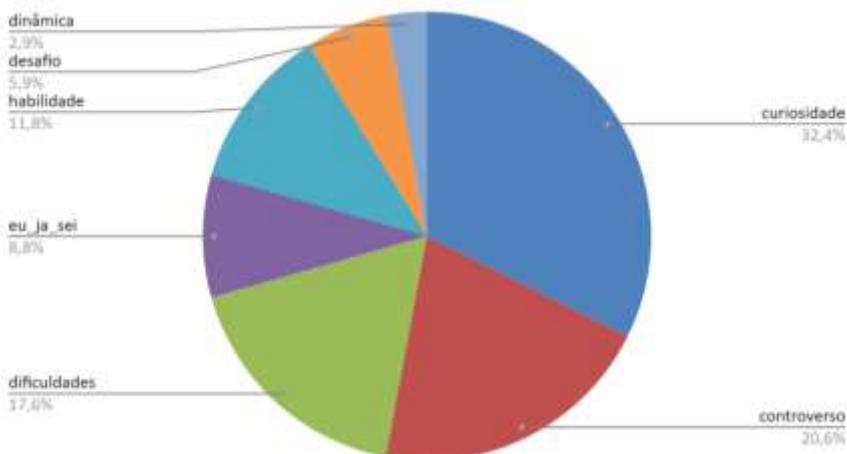
A marcação da localização precisa do trecho do vídeo ajuda no compartilhamento de ideias, entendimento, significado, sentido, interpretação para criar uma comunidade de aprendizado por meio da socialização das anotações (Martínez-Romera *et al.*, 2020). Fato que torna o vídeo uma ferramenta educacional única para promover aprendizagem colaborativa e interativa (Cebrián-Robles *et al.*, 2019).

A interação apoiada na ferramenta foi dirigida para permitir uma análise crítica e sistematização das ideias no debate das contribuições e futuras perspectivas. Para tanto, tinham que assistir o vídeo e fazer a anotação nos trechos do vídeo segundo seu sentimento:

- O que já conhecem sobre o tema? **[Eu já sei]**
- Quais dificuldades enfrentam em relação ao tema? **[Dificuldades]**
- Que curiosidades identificam? **[Curiosidade]**
- Que pontos controversos identificam? **[Controverso]**

No gráfico apresentado além das variáveis adotadas outras foram sugeridas pelos participantes (Figuras 3 e 4). Observe que das 33 anotações, destaca-se o termo curiosidade com mais de 30% de anotações.

Figura 3 - Variáveis adotadas e sugeridas pelos participantes da SD no CoAnnotation



Fonte: Dos Autores (2026)

Figura 4 - Tela de anotação dos vídeos da ferramenta *CoAnnotation*



Fonte: Dos Autores (2026)

Associada a palavra em destaque “curiosidade” vejam os comentários que mais chamam atenção está destacado no Quadro 4.

Quadro 4 - Comentários feitos no *CoAnnotation* por participantes da SD

Texto
Uma coisa que gostaria de abordar: utilizo nas minhas disciplinas sala de aula invertida, onde os alunos individualmente leem um capítulo e fazem uma resenha crítica, usando pensamento criativo. Em sala uso aprendizagem significativa com o mapa conceitual. teria alguma aplicação em IA que pudesse ser um elemento do grupo em sala de aula para ajudar no mapa conceitual Muito interessante. Gostaria de saber mais sobre essa escala de uso da IA
Que vídeo incrível; pensamento fora da” caixa” e trouxe o conteúdo de forma clara! interessante
Neste trecho do vídeo aparecem as etapas do processo/dinâmica. Importante saber se os alunos sabem o significado de insígnia, ética e etc.
Interessante apresentar o PBL como um desafio aos estudantes
O que é nível 3?
Como garantir que realmente esse foi o uso adotado?
Qual o efeito da IA generativa como apoio a criatividade e ao desenvolvimento de soluções?

Gostaria de saber sobre essa escala de avaliação.

Seria uma gamificação? Gostaria de saber mais detalhes.

Muito boa essa escala, não conhecia

Fonte: dos Autores (2026)

Após a atividade com a ferramenta os participantes da SD foram divididos em grupos e debateram sobre o da IA na sala de aula tanto por parte dos professores como por parte dos alunos.

Os temas abordados sobre o uso do docente estavam relacionados ao uso da IA como uma ferramenta para auxiliar no processo de ensino e como aprender a utilizar e potencializar o uso da ferramenta.

No caso do uso discente, foi discutido sobre o uso das ferramentas pelos alunos, mas não como algo que resolverá todos os problemas para os alunos. Além disso, os alunos devem entender que a resposta fornecida pela IA deve ser analisada e avaliada criticamente, pois pode estar errada.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos correspondem a uma síntese das conclusões das discussões ocorridas na SD.

7 RESULTADOS DA SESSÃO DIRIGIDA

Os resultados levam a concluir que a IA já é uma ferramenta com impactos profundos não só na formação do engenheiro, como também na vida dos docentes. Como toda nova tecnologia, a IA traz alguns desafios, em específico o que tange ao seu atual estágio.

7.1 Percepções docentes sobre a IA na docência

É evidente que a Inteligência Artificial é uma ferramenta importante tanto para o uso docente quanto para o uso discente. Ainda assim, os cursos de engenharia deverão procurar habilitar e capacitar os docentes para o uso das ferramentas de IA, além de se tornarem digitalmente letrados. A IA se apresenta como uma oportunidade com inúmeros desafios éticos.

O letramento digital requer o aprendizado relacionado a plataforma ou ferramenta escolhida: conhecer e compreender, usar e aplicar, avaliar e criar, e abordagem orientada aos princípios críticos, éticos e pedagógicos. A aquisição de competências digitais precisa seguir as diretrizes da Unesco para desenvolver a autonomia crítica do docente. A formação capacitará o docente a atuar como mediador e curador, validando o conteúdo com cuidado para evitar as “alucinações” e garantindo a precisão técnica necessária na engenharia.

Durante a Sessão Dirigida, os participantes reconheceram o potencial da IA para otimizar o planejamento e agilizar processos, identificaram que sua incorporação pedagógica estratégica se encontra em estágio inicial, refletindo lacunas de formação, insegurança técnica e ausência de diretrizes institucionais claras. Além disso, chama atenção o risco de dependência dos modelos para tarefas cognitivas essenciais, como raciocínio diagnóstico e depuração autônoma, que são competências fundamentais na formação em Engenharia, que não podem ser delegadas à tecnologia sem mediação crítica.

Entre os docentes que já utilizam ferramentas de IA, prevalece um padrão de uso voltado a tarefas auxiliares tais como: elaboração de atividades, revisão de textos, auxílio na organização dos processos avaliativos como das rubricas, preparação de materiais e apoio a debates acadêmicos, enquanto aplicações mais diretamente integradas ao processo de ensino-aprendizagem, como avaliação formativa contínua ou simulações de aprendizagem ativa, permanecem menos exploradas. Foram citadas plataformas como *ChatGPT*, *Gemini* e *Perplexity*, reforçando a centralidade dos LLMs nas práticas emergentes.

Essas percepções indicam a necessidade de fortalecer programas de capacitação docente e políticas institucionais que orientem usos pedagógicos mais consistentes. Também apontam para a importância de que o professor permaneça como sujeito ativo da inovação, avaliando criticamente respostas geradas por IA assegurando a validade das evidências de aprendizagem e preservando a autonomia intelectual do estudante. O docente não será substituído pela IA, mas ela exige que ele desenvolva novas competências para desenhar experiências de aprendizagem onde a tecnologia atue como co-piloto ético e produtivo do processo de ensino-aprendizagem.

7.2 Percepções sobre IA no trabalho discente e na autonomia

As discussões da influência na autonomia dos discentes sobre uso da IA são marcadas por uma dualidade: a tecnologia é potencializadora da aprendizagem e produtividade, embora apresente risco à integridade do raciocínio crítico se utiliza de forma acrítica. O uso da IA necessita uma avaliação crítica maior por parte do usuário, tanto docente como discente, pois a resposta apresentada pela IA depende da fonte de pesquisa e, portanto, o usuário deve analisar e avaliar a resposta recebida.

A IA como tutora sob demanda e apoio técnico acelera o aprendizado do discente ao remover barreiras técnicas imediatas por: suporte personalizado ao resolver problemas complexos em linguagem

as quais o discente não possui familiaridade; auxílio em tarefas de ideação como co-piloto ao permitir que o estudante se concentre em decisões estratégicas e na arquitetura de sistemas; e aumento da produtividade ao fornecer feedbacks rápidos e suporte na estruturação de ideias.

Dependendo do desenho pedagógico há um consenso dos participantes quanto à fragilidade na autonomia discente. O fortalecimento da autonomia quando integra as metodologias ativas e avaliações formativas, a IA auxilia o discente a “aprender a aprender” e autorregular sua aprendizagem preenchendo lacunas de conhecimento de forma independente. O uso ético da IA promove o desenvolvimento de habilidades e competências críticas na formulação de *prompts* e a resolução de problemas diante dos desafios tecnológicos.

Também se destaca o impacto negativo desta tecnologia na formação do engenheiro ao estimular a dependência tecnológica, reduzir a capacidade crítica ao reduzir a criatividade e a capacidade de julgamento moral, e a autonomia discente é ameaçada pelas informações falsas com aparência de verdade (alucinações) e por vieses de gênero e raça embutidas nos algoritmos.

A IA pode ser uma ferramenta importante para o aluno, auxiliando o desenvolvimento do trabalho, a revisão de texto, mas o aluno deve ter em mente que deverá sempre verificar os resultados apresentados pela IA. Enquanto ferramenta, a IA irá impactar muito a vida profissional dos engenheiros e, portanto, tendo isso em mente, os novos e atuais profissionais devem entender o uso e a capacidade da ferramenta é essencial.

Finalmente, a IA por ser uma ferramenta que passa por um processo de treinamento (aprendizado) apresentando um viés em suas respostas, pois a resposta dada pela irá depender da base de pesquisa utilizada e esta poderá apresentar um viés com relação a determinada informação. Alerta-se para cuidar que a IA seja um instrumento de apoio sem substituir a autoria discente. Portanto, é importante o letramento do discente em IA dando garantia que o estudante permaneça no controle dos sistemas inteligentes.

7.3 Tensões éticas, vieses e integridade acadêmica

Apesar das projeções otimistas, especialistas e pesquisadores destacam que o avanço da IA é acompanhado por desafios éticos, de segurança e de controle que exigem uma atuação crítica e regulatória.

O principal foco de crítica dos riscos éticos e de equidade (Controle Social) é a falta de neutralidade da IA, que resulta em vieses sociais, e

também na perpetuação desses vieses. Estes passam pelo viés algorítmico e pela necessidade de que seja treinada com dados sociais desequilibrados (machismo, racismo, elitismo), tende a reforçar e replicar esses preconceitos. A transparência algorítmica promove a correção de falhas e a responsabilização.

O funcionamento interno dos modelos (o problema da "caixa preta") é frequentemente pouco compreendido, dificultando a explicação de suas decisões e a responsabilização legal e ética. Acrescente-se que o desenvolvimento de IA deve estar em conformidade com o Estatuto da Igualdade Racial e com a Constituição Federal (Artigo 5º), uma vez que ambos proíbem práticas discriminatórias. O risco de plágio e a preocupação com direitos autorais também são dilemas éticos levantados.

O uso da IA na educação traz preocupações críticas relativas à segurança pedagógica, centradas no risco de comprometer a autonomia intelectual e o papel essencial do docente. O uso excessivo e acrítico da IA gera dependência nos estudantes, ameaçando a criatividade, o pensamento crítico, a capacidade de raciocínio diagnóstico e a depuração autônoma, sendo todas essas habilidades cruciais em Engenharia. Além disso, há o perigo de que a IA substitua indevidamente a mediação docente, reduzindo o papel do educador a funções não essenciais; o desafio futuro reside em garantir que a tecnologia amplie o aprendizado e o pensamento crítico sem eliminar a intervenção humana qualificada.

Os riscos de segurança e confiabilidade na Inteligência Artificial (IA) são tópicos cruciais no debate sobre o controle técnico dessa tecnologia. Os modelos de linguagem geram "alucinações", ou seja, informações erradas que parecem verdadeiras, o que torna essencial que os docentes realizem curadoria e validação crítica de conteúdo gerado.

Além disso, a privacidade de dados é uma preocupação significativa, especialmente em relação à conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que precisa ser integrada à formação docente e à aplicação da IA. Outro desafio emergente é o *Model Collapse*, onde o uso de dados gerados por IA compromete a precisão dos modelos, ressaltando a importância da supervisão crítica e ética, além da preservação de entradas humanas. Por fim, a IA pode apresentar um enviesamento em favor de soluções convencionais ou previamente documentadas, o que limita a originalidade dos projetos dos estudantes.

Enfim, a busca de mitigação dos riscos associados ao uso da IA, como o viés e a perda de autonomia. As estratégias propostas exigem

uma abordagem multifacetada que combina engenharia responsável, regulamentação e formação crítica.

A engenharia responsável implica a curadoria e diversificação dos dados de treinamento, a inclusão de equipes multidisciplinares e a implementação de ferramentas de detecção de viés (como *Fairness Indicators* e *AI Fairness 360 Toolkit*). Paralelamente, a formação ética passa por capacitar docente e discente na tecnologia com conhecimentos éticos, jurídicos e sociais, tornando a justiça algorítmica um pilar central.

O futuro é projetado como uma transformação impulsionada principalmente pela Inteligência Artificial Generativa (GenAI) e pelos LLMs, com reflexos diretos na regulação e nas competências profissionais. Enfim, o uso da IA deverá transformar o estudante de consumidor passivo em um usuário consciente e reflexivo da IA.

8 DISCUSSÃO SOBRE A IA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

A IA ainda tem um longo caminho para sua maturação, talvez sendo ainda necessário várias gerações para atingi-la. O desenvolvimento da IA tem ritmo contínuo e rápido, e o engenheiro deve entender o seu funcionamento e procurar se capacitar para o uso dessa ferramenta de forma adequada.

A primeira regulamentação abrangente da IA no mundo foi aprovada pela União Europeia- *IA Act* em 2024, surge como uma tendência global de estabelecer estruturas de governança para mitigar os riscos e garantir o uso ético dos sistemas de IA. A agência americana NIST também criou a norma AI-600-1 para guiar os desenvolvedores e usuários de plataformas de IA.

8.1 Articulação entre fundamentos, casos de uso e SD

O sucesso na integração da IA na educação em engenharia requer ações em diferentes níveis: letramento e formação docente crítica - diretrizes da Unesco e programas baseados no marco europeu do *DigCompEdu*, diretrizes éticas e transparentes, design pedagógico visando a autoria e autonomia docente e discente com responsabilidade.

A análise articulada entre os fundamentos, os casos de uso e os resultados da SD evidencia um movimento claro: embora a IA já esteja presente no cotidiano docente, sua integração pedagógica profunda ainda enfrenta desafios estruturais, éticos e culturais. Atualmente, há um predomínio do uso operacional e instrumental, apoiando o planejamento e a organização. Entretanto, raramente o uso da IA se converte em

práticas avaliativas formativas, acompanhamento contínuo ou estratégias de aprendizagem ativa orientadas por evidências.

Esse quadro revela não apenas limitações técnicas, mas sobretudo lacunas institucionais: ausência de políticas de formação continuada, diretrizes frágeis para avaliação com IA, dificuldades de adesão decorrentes de insegurança profissional e receios quanto à desumanização dos processos avaliativos. Some-se a isso a necessidade de considerar os vieses tecnológicos presentes nos algoritmos, que podem comprometer a equidade das avaliações e reforçar desigualdades já existentes.

8.2 IA como mediadora da avaliação e da formação em engenharia

O texto está organizado para que o leitor entenda que a IA quando integrada à aprendizagem ativa atua como um catalisador de competências na formação do engenheiro. A IA é percebida como um tutor sob demanda que acelera a aprendizagem e dá suporte técnico, aprimora a avaliação formativa com uso de AIs e rubricas inteligentes, resgata e revitaliza e trata da eficácia das CATs digitais para autorregulação da aprendizagem do discente.

Os resultados também apontam para um desafio teórico e prático: iniciativas inovadoras, como o uso de prompts estruturados para TBL ou o emprego de IA na construção de rubricas, ainda carecem de validação longitudinal. A eficácia pedagógica desses modelos precisa ser investigada por métricas como qualidade do feedback, tempo de preparo, desenvolvimento das competências profissionais e impacto no desempenho discente, configurando uma agenda de pesquisa necessária para a área.

Portanto, a integração da IA na avaliação e na formação em engenharia requer uma abordagem que reconheça o professor como mediador crítico e agente ativo da inovação, respeitando seus saberes e trajetórias profissionais. Somente com essa mediação humana qualificada é possível evitar dependência tecnológica, manter a autenticidade das evidências de aprendizagem e assegurar que a IA opere a favor de processos educativos éticos, transparentes e orientados ao desenvolvimento integral do engenheiro.

Em conjunto, essas ações configuram uma agenda necessária para que a IA aplicada à avaliação na engenharia se desenvolva de modo eticamente responsável, assegurando que seus benefícios pedagógicos não sejam conquistados às custas da equidade, da transparência ou da justiça social.

8.3 Mitigação de vieses e a avaliação de uso responsável da IA

Os participantes foram unânimes em apontar riscos que não podem ser ignorados: vieses algoritmos e injustiça, estereótipos gênero e exclusão racial, riscos de dependência e alucinação, barreiras de infraestrutura e resistência pela falta de suporte técnico e o receio da desumanização dos processos avaliativos limitadas a adesão de uma parcela significativa de docentes.

A presença recorrente de vieses, em especial de gênero, raça e outros marcadores sociais, identificada num dos relatos e reconhecida pelos participantes da SD, evidencia a avaliação de uso responsável da IA exige estratégias sistemáticas de mitigação e governança. Tais vieses decorrem, em grande medida, de bases de dados desbalanceadas, nas quais grupos historicamente marginalizados aparecem de forma reduzida ou distorcida. Assim, políticas de curadoria de dados que assegurem diversidade de gênero, raça, idade e origem geográfica tornam-se fundamentais para reduzir desigualdades reproduzidas pelos modelos.

No plano técnico, modelos de IA podem ser analisados e ajustados por métricas de auditoria algorítmica, utilizando ferramentas como *Fairness Indicators*, *SHAP*, *LIME* ou o *AI Fairness 360 Toolkit*, que permitem identificar padrões discriminatórios durante o treinamento ou na inferência. Esses mecanismos devem ser acompanhados de maior transparência algorítmica e de técnicas de explicabilidade, garantindo que decisões automatizadas possam ser compreendidas, questionadas e corrigidas quando necessário.

No plano jurídico e normativo, marcos como a Lei 14.611/2023 (igualdade salarial), a Lei 9.029/1995 (proibição de discriminação), o Estatuto da Igualdade Racial (Lei 12.288/2010), o art. 5º da Constituição Federal, a Convenção CEDAW e a Convenção 111 da OIT estabelecem parâmetros que devem orientar o desenvolvimento, a adoção e a auditoria de sistemas utilizados em contextos educacionais. A Recomendação da Unesco sobre Ética da IA (2021) reforça princípios de equidade, transparência, supervisão humana e respeito à diversidade, diretamente aplicáveis aos processos avaliativos mediados por IA.

Essas estratégias quando integradas a uma abordagem institucional que envolva equipes multidisciplinares e maior participação de mulheres e de grupos sub-representados nos processos de concepção, modelagem e validação dos sistemas, ampliam a sensibilidade às formas de discriminação algorítmica.

Finalmente, a cultura de responsabilidade algorítmica precisa ser reforçada na formação docente e discente, de modo que futuros

profissionais sejam capazes de compreender os limites, riscos e implicações sociais da IA.

8.4 Limitações do estudo e perspectivas de pesquisa

Existem vários fatores que limitam ainda o estudo do uso da IA no ensino de engenharia. Entre eles estão resistência cultural dos docentes para adoção de plataformas de IA em atividades acadêmicas, falta de coordenação centralizada de ações para adoção de IA em instituições de ensino, e também considerável grau de desconhecimento do funcionamento da IA por parte dos docentes e dos discentes. Há um medo generalizado pelo desconhecido mundo da IA e rapidez com as plataformas e ferramentas se multiplicam e são adotadas pelos discentes. Em sua maioria, o aprendizado é uma ação individualizada e replicada entre os pares que coexistem em pequenos grupos.

Em suma, a implementação da IA em instituições de ensino está sendo feita de maneira ainda pontual e desconexa com demais atividades acadêmicas. Também é detectada uma falta de recursos para a implementação da IA em instituições de ensino, o que pode tornar onerosa a iniciativa de se implementar plataformas de IA tanto do ponto de vista monetário como de tempo. Os dilemas éticos apresentados neste estudo também são fatores que fazem com que instituições de ensino se mostrem cautelosas quanto à adoção de plataformas de IA em suas atividades.

Apesar das limitações apresentadas, há a perspectiva otimista de que, por força do avanço rápido e constante das plataformas de IA, mais ações de adoção de IA nas atividades de ensino sejam adotadas ainda no curto prazo. Mesmo que essa adoção seja ainda pontual, elas serão mais numerosas a ponto de que a comunidade acadêmica possa obter benefícios da sinergia em virtude da integração dessas ações. Vários dos tópicos apresentados neste estudo ainda deverão ser aprofundados como integração de plataformas de IA em atividades de ensino, letramento da comunidade acadêmica no uso de IA, e mitigação dos riscos de dilemas éticos.

Finalmente, o futuro da IA associada à aprendizagem ativa aponta para um contexto humanista tecnológico que exige: protagonismo humano ao liberar o professor para atuar como mediador o aluno como criador crítico, adoção de sistemas adaptativos que promovam a educação mais inclusiva e significativa com a personalização da experiência de aprendizagem do engenheiro, justiça algorítmica como pilar ético em IA, competência técnica tão essencial quanto aprender física e cálculo.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo na busca de consolidar a IA não como uma tecnologia isolada, mas como um elemento estruturante que redefine a tríade ensino, aprendizagem e avaliação na educação em engenharia.

Nos últimos 10 anos, o mundo presenciou o rápido avanço das tecnologias de inteligência artificial, em especial, plataformas baseadas em modelos generativos e sistemas de aprendizado de máquina. Mais importante que este avanço foi a disseminação do acesso dessas plataformas para o público, ou seja, a popularização da IA. A disseminação da IA representa um marco desde a popularização da Internet na década de 1990, transformando a forma de produção do conhecimento e de atuação profissional.

No âmbito educacional, em especial, na formação em engenharia, esse movimento amplia desafios e oportunidades. As atividades de ensino também estão e serão afetadas pela popularização de plataformas de IA. A inserção da IA ao cotidiano acadêmico é marcada por incertezas, falta de letramento digital, resistências e dilemas éticos que não podem ser ignorados. Entre os desafios temos a autoria de trabalhos, o uso responsável de IA generativas, curadoria das respostas fornecidas e os riscos de vieses discriminatórios requererem uma análise crítica e coletiva por partes dos órgãos reguladores, instituições, docentes e discentes.

Com isso em mente, foi realizada a Sessão Dirigida sobre Inteligência Artificial, Avaliação e Formação em Engenharia no COBENGE 2025 realizado em Campinas. A SD discutiu como a IA vem alterando a formação do engenheiro e quais as principais implicações na prática docente e profissional. A discussão passou ainda por compreender não apenas os impactos imediatos do uso da IA, mas também os riscos, limites e potencialidades a médio e longo prazo.

Dentre os dilemas identificados destacamos as questões éticas por conta do uso acrítico e inadequado da IA no espaço educacional. Os prejuízos na formação do engenheiro passam ainda por reduzir a capacidade analítica dos engenheiros, principalmente entre os alunos de engenharia que por serem menos resistentes ao uso de IA, a utilizam em tarefas que deveriam ter supervisão humana. É responsabilidade dos usuários, estudantes, docentes e gestores, compreender os riscos éticos e valorizar a integridade intelectual e o bom senso. Além disso, a crença e a confiança incondicional nos dados de saída de uma IA podem ser equivocados, uma vez que eventos como alucinações e colapso de

modelos (*model collapse*) resultam em respostas falsas fornecidas por um LLM.

Além disso, as preocupações com a população no que toca ao potencial de ampliação das desigualdades e vieses por meio de sistemas automatizados. A sociedade tem o dever de estabelecer e seguir normas que orientem tanto o desenvolvimento quanto ao uso da IA garantindo equidade e respeito aos direitos humanos. Nesse sentido, tratados e recomendações internacionais, como a Convenção CEDAW (ONU), a Convenção 111 da OIT e a Recomendação da UNESCO sobre Ética da IA (Unesco, 2021), reforçam o princípio da não discriminação e da supervisão humana responsável fundamentos que orientam o uso da tecnologia na educação em engenharia com diretrizes claras para que os sistemas de IA promovam equidade, transparência, e respeito à diversidade cultural e de gênero.

As discussões realizadas na SD trouxeram evidências da necessidade de propagar boas práticas, incentivar colaborações interdisciplinares e recomendações para implementação em instituições de ensino para integrar a IA de forma ética, segura e pedagogicamente significativa. Importante que sejam criadas políticas públicas de uso institucional até o desenvolvimento de estratégias para fomentar a capacitação e aprendizagem ativa das potencialidades da IA sem comprometer o desenvolvimento do pensamento crítico e autônomo de docentes e discentes. As recomendações passam por:

- promover ações de formação continuada relacionadas ao letramento digital e ético de discentes e docentes;
- desenvolver orientações institucionais para o uso responsável e transparência de IA na aprendizagem, avaliação e produção de atividades acadêmicas;
- desenhar práticas pedagógicas que combine IA e a validação das respostas automatizadas;
- apoiar projetos de pesquisa interdisciplinar para investigação do impacto da IA na formação do engenheiro.

Este capítulo não pretendeu esgotar o tema, dada a rapidez da evolução das plataformas e ferramentas de IA e a diversidade de contextos em que são aplicadas. As reflexões relatadas estão inseridas em um cenário em transformação acelerada, na qual as soluções e desafios estão relacionados à formação do engenheiro, prática docente e a atividade profissional do engenheiro diante da nova realidade do crescente uso de IA pela humanidade. Para tanto, as próximas etapas de investigação e debates devem inserir:

- estudos das diferentes estratégias pedagógicas para integração da IA e das metodologias ativas;
- investigações como os sistemas inteligentes apoiam os processos de avaliação por competência formativa e diagnóstica;
- estudos do impacto da IA no desempenho e na aprendizagem ativa do engenheiro;
- mapear os referenciais éticos e pedagógicos adaptados à realidade brasileira.

REFERÊNCIAS

ALBINO, J. P.; VALENTE, V. C. P. N..**Inteligência Artificial e suas aplicações interdisciplinares**. 1. ed. [S.l.]: Editora e-Publicar, 2023. Acesso em 30/10/2025.

ALLEN, M. J. Using rubrics to grade, assess, and improve student learning. **Strengthening Our Roots: Quality, Opportunity & Success Professional Development Day Miami-Dade College**, 2014. p. 1–82.

ANGELO, T. A.; CROSS, K. P. **Classroom assessment techniques: a handbook for college teachers**. 2. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 1993.

ANNUŠ, N. Education in the age of artificial intelligence. **TEM Journal**, v. 13, n. 1, p. 404-413, 2024.

BAROCAS, S.; SELBST, A.D. Big Data's disparate impact. **Calif. L. Rev.** 104: 671, 2016.

BARRETO, G.; OLIVEIRA MIGUEL, P.V.; MANERA, L.T.; MACEDO, J.P.O.; ISMAEL, S. M. Educação em Engenharia na Era da IA: O Impacto do *NotebookLM* e da IA Generativa. In: 9º Congresso Nacional de Educação, Poços de Caldas. **Anais**. 3p. 2025. Disponível em: <https://educacaoopocos.com.br/anais/> Acesso em 31 jan. 2026.

BENSON, S. A. Embracing technologies to facilitate student learning and future readiness. In: International Symposium on Educational System (ISET), 2024. **Anais**. IEEE, 2024. p. 344-346.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia. **Resolução CNE/CES** no 2, de 24 de abril de 2019. Disponível em <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>>. Acesso em: 08 ago. 2025.

BOTTENTUIT JR, J.B.; MARIZ, E.A.S; COSTA, J.S.; ALBUQUERQUE, O.C.P. Inteligência artificial no ensino superior: uma revisão de literatura sobre desafios e possibilidades no contexto acadêmico. **Poliética**. v.12 (3), p.145-171. 2024. <https://doi.org/10.23925/politica.v12i3.68116>

CAMPBELL, A. L.; PADAYACHEE, P. Design Principles for Using Rubrics in Engineering Mathematics. **IEEE Transactions on Education**, New York, 2023.

CEBRIÁN-ROBLES, D.; PÉREZ-GALÁN, R.; QUERO-TORRES, N. Estudio comparativo de la evaluación a través de ejercicios sobre texto y vídeo para la identificación de elementos de una investigación científica. **Digital Education Review**. v.35, 81-96. 2019. <https://doi.org/10.1344/der.2019.35.81-96>

CHERUKURI, B.R. Ethical AI in cloud: Mitigating risks in machine learning models. **World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences**. v.1(1), p.96-109, 2020. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2020.1.1.0018>

DOUGLAS, D.M.; LACEY, J.; HOWARD, D. Ethical risk for AI. **AI and Ethics**. v.5, p.2189-2203, 2025. <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00549-9>

ELALI, F.R.; RACHID, L.N. AI-generated research paper fabrication and plagiarism in the scientific community. **Patterns**. v.4, 4p. <https://doi.org/10.1016/j.patter>. 2023.100706

FABRE, Marie Christine Julie Mascarenhas; BERTAGNOLLI, Silvia de Castro. Contribuições da inteligência artificial generativa para o design de experiências de aprendizagem: uma revisão sistemática de literatura.

RENOTE, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 298–309, 2025. DOI: 10.22456/1679-1916.149238. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/149238>. Acesso em: 7 dez. 2025.

FERIGATO, E.; SOUZA, S.M.N.L. Vantagens e desvantagens da inteligência artificial na educação. **Studies in Multidisciplinary Review**, v. 5 (1), 27p. 2024. <https://doi.org/10.55034/smr5n1-005>

FERRARA, E. The Butterfly Effect in artificial intelligence systems: Implications for AI bias and fairness. **Machine Learning with Applications**. v.15, 100525, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100525>

FREITAS, M.C.D.. Aprendizaje y uso de las rúbricas por profesores en la evaluación de proyectos científicos. In: IV Seminário internacional em Tecnologias para la Evaluación de los aprendizajes, Málaga, 2017. **Anais**.

GIRAFFA, L.; KHOLS-SANTOS, P. Inteligência artificial e educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. **Educação em Análise**, v. 8, n. 1, p. 116-134, 2023. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/educanalise/article/view/48127>.

GOLDA, A.; MEKONEN, K.; PANDEY, A.; SINGH, A.; HASSIJA, V.; CHAMOLA, V.; SIKDAR, B. (2024). Privacy and Security Concerns in Generative AI: A Comprehensive Survey. **IEEE Access**. v.12, p.48126-48144. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3381611>

GOOGLE; IPSOS. **Our life with AI: The reality of today and the promise of tomorrow**. Janeiro 2024. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpcglclefindmkaj/https://static.googleusercontent.com/media/publicpolicy.google/en//resources/our_life_with_ai_google_ipsos_report.pdf. Acesso em: 06 dez. 2025.

GOZALO-BRIZUELA, ROBERTO, & EDUARDO C. GARRIDO-MERCHÁN. A survey of Generative AI Applications. **arXiv preprint** arXiv:2306.02781. 2023).

GUPTA, M.; PARRA, C.M.; DENNEHY, D. Questioning Racial and Gender Bias in AI-based Recommendations: Do Espoused National Cultural Values Matter? **Information System Frontiers**. v.24, p. 1465-1481, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10156-2>

HEGLER, J.M.; SZMOSKI, R.M.; MIQUELIN, A.F. As dualidades entre o uso da inteligência artificial na educação e os riscos de vieses algorítmicos. **Educação & Sociedade**, v. 45, 2024.

IPSOS. **The Ipsos AI Monitor 2024: A uma pesquisa de 32 países**. Ipsos Global Advisor, junho de 2024. Disponível em: <https://www.ipsos.com/pt-br/ipsos-ai-monitor-2024>. Acesso em: 06 dez. 2025.

KIENER, M. Can we Bridge AI's responsibility gap at Will? **Ethical Theory and Moral Practice**, v.25, p.575-593, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10677-022-10313-9>

LUCAS, M.; MOREIRA, A. **DigCompEdu: quadro europeu de competência digital para educadores**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2018.

MARTÍNEZ-ROMERA, D. D., CEBRIÁN-ROBLES, D., & PÉREZ-GALÁN, R. Practical Training of Secondary School Teachers in Spain: Tutoring and Assessment Using ICT. **Turkish Online Journal of Distance Education**, 21(2), 153–166, 2020. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1074817>

MICROSOFT. **Como a IA generativa e os LLMs funcionam**. 2024. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/ai/conceptual/how-genai-and-llms-work>. Acesso em: 20 abr. 2025.

MIN, A. Artificial Intelligence and Bias: Challenges, Implications, and Remedies. **Journal of Social Research**. v.2 (11), p. 3808-3817, 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra a Mulher** (CEDAW). Nova York, 1979. Disponível em: <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-elimination-all-forms-discrimination-against-women>. Acesso em: 20 abr. 2025.

PARRA, C.M.; GUPTA, M.; DENNEHY, D. Likelihood of Questioning AI-Based Recommendations Due to Perceived Racial/Gender Bias. **IEEE Transactions on Technology and Society**. v.3 (1), p. 41-45, 2022. <https://doi.org/10.1109/TTS.2021.3120303>

PERIN, E. S.; FREITAS, M. C. D.; COELHO, T. R. Plataforma de autoavaliação de competências docentes digitais. **Revista Practicum**, v. 8, n. 1, p. 19-35, 2023.

PERKINS, M.; FURZE, L.; ROE, J.; MacVAUGH, J. The Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A Framework for Ethical Integration of Generative AI in Educational Assessment. **Journal of University Teaching and Learning Practice**, v. 21 (6), 18p. 2024. <https://doi.org/10.53761/q3azde36>

PORTER, Z.; RYAN, P.; MORGAN, P.; AL-QADDOUMI, J.; TWOMEY, B.; NOORDHOF, P.; McDERMID, J.; HABLI, I. Unravelling responsibility for AI. **Journal of Responsible Technology**. v.23, 100124, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2025.100124>

RAY, P.P. ChatGPT: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. **Internet of Things and Cyber-Physical Systems**. v.3, p.121-154, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.003>

RODRIGUES, L. Pós-Humanismo e Educação: O Potencial da Inteligência Artificial na Inclusão no Ensino Superior. **Revista da UI_IPSantarém**, p. 138-148, 31 dez. 2023.

RODRIGUES, M. do R. O; PIRES, A. L. O.; PINTO, J. Utilização de portfólios digitais na formação inicial de professores, como estratégia de aprendizagem e avaliação: perspectivas das estudantes. **Revemop**, v. 4, e202209, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33532/revemop.e202209>.

RODRIGUEZ-RUIZ, J.; ALVAREZ-DELGADO, A.; CARATZZOLO, P. Use of natural language processing (NLP) tools to assess digital literacy skills. In: 2021 Machine learning-driven digital technologies for educational innovation workshop. **Anais** [...]. IEEE, 2021. p. 1-8.

RUIZ-DOLZ, R.; ALEMANY, J.; HERAS, S.; GARCÍA-FORNES, A.. Transformer-based models for automatic identification of argument relations: a cross-domain evaluation. **IEEE Intelligent Systems**, 2021.

RUSSELL, S., NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A modern approach**. Prentice-Hall, Hoboken, NJ, EUA, 1136 p. 1995.

SANTOS, Otávio Lube; CURY, Davidson. **Um aprendizado: da automatizada à avaliação generativa de IAs de uso automático da literatura - Mapeamento sistemático**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2024.

SIBLEY, J.; OSTAFICHUK, P. **Getting Started with Team-Based Learning**. 1. ed. New York: Routledge, 2014.

SILVA, A. A.; PERIN, E. S.; FREITAS, M. C. D.; CAMPIGOTO, A. P.. Inteligência artificial e formação de professores na engenharia civil: Um estudo bibliométrico. In: 52º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2024. Vitória. **Anais**.

SINGH, S.; SAHA, R.; KUMAR, G.; NAYYAR, A.; KIM, T.K. Are you hallucinated? Insights into large language models. **ICT Express**. Article in press. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2025.12.011>

SOUZA, Michelli Carla De; ZOCAL, Renata Maria. Inteligência artificial na educação: Potencialidades, desafios e perspectivas para a transformação pedagógica . **Revista Acadêmica da Lusofonia**, [S. l.], v. 2, n. 10, p. 1–9, 2025. DOI: 10.69807/2966-0785.2025.195. Disponível em:

<https://revistaacademicadalusofonia.com/index.php/lusofonia/article/view/195>. Acesso em: 6 dez. 2025.

STEVENS, D. D., & LEVI, A. J.. Introduction to rubrics: an assessment tool to save grading time. Convey Effective Feedback and Promote Student Learning, **Stylus Publishing**. 2012.

UNESCO. **Marco referencial de competências em IA para professores**. Paris: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura; Brasília: Representação da UNESCO no Brasil, 2025. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000394280>. Acesso em: 19 ago. 2025.

UNESCO. **Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial**. Paris: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>. Acesso em: 20 abr. 2025.

VARGAS, H. Standardizing course assessment in competency-based education. **Frontiers in Education**, Lausanne, 2025.

VERMA, SHIKHA. Weapons of math destruction: how big data increases inequality and threatens democracy. **Vikalpa** 44.2 (2019): 97-98.

WEINTROP, D. The Teacher Accessibility, Equity, and Content (TEC) Rubric. In: ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, 2019. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2019.

WELLNER, G. Some Policy Recommendations to Fight Gender and Racial Biases in AI. **International Review of Information Ethics**. v.32. 6p, 2022. <https://doi.org/10.29173/irrie497>

CAPÍTULO 3

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM CONTEXTOS PRESENCIAIS E NÃO-PRESENCIAIS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O TRABALHO E A FORMAÇÃO DOCENTE

Carolina Maia dos Santos - Coordenadora
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
(Cefet/RJ)

Georgia de Souza Assumpção - Coordenadora
Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE / IBGE)

Adriana Paula Ferreira Palhares
Ester Almeida Helmer
Flávia Gomes Pileggi Gonçalves
Roberta de Fátima Carreira Moreira Padovez
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Alexandre de Carvalho Castro
Leonardo Trajano Dias Garcia
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
(Cefet/RJ)

Emerson Arli Magni da Silva
Luciano Andreatta Carvalho da Costa
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Gleison de Souza Mattos Machado
Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

Odair Barbosa de Moraes
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	89
2	ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	90
3	DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO E O TRABALHO DOCENTE: CONTRIBUIÇÕES RECEBIDAS.....	91
	3.1 Desafios para a formação e o trabalho docente na Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia em contextos presenciais e não-presenciais.....	92
	3.2 Possibilidades para a formação e o trabalho docente na educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia em contextos presenciais e não-presenciais.....	97
4	DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO E O TRABALHO DOCENTE: CONSTRUÇÃO COLETIVA REALIZADA NA SD	105
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
	REFERÊNCIAS.....	111

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA EM CONTEXTOS PRESENCIAIS E NÃO-PRESENCIAIS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O TRABALHO E A FORMAÇÃO DOCENTE

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo sintetiza o resultado das apresentações e discussões realizadas na Sessão Dirigida (SD) 11 do 53º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2025), intitulada “Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia em contextos presenciais e não-presenciais: Desafios e possibilidades para o trabalho e a formação docente”. A SD 11 tinha como objetivo principal discutir o trabalho e a formação docente frente aos possíveis impactos provocados pela Política de Educação a Distância/2025 nos cursos das áreas de Engenharia, Ciências e Tecnologia.

A Política de Educação a Distância (EaD), instituída pelo Ministério da Educação (MEC) em maio de 2025, traz mudanças para a educação superior brasileira. Uma das principais alterações apresentada é a oferta de cursos de graduação, que passa a ser em três formatos: presencial, semipresencial e a distância. Apesar disso, nem todos os cursos podem ser oferecidos nos três modelos.

Para as Engenharias, por exemplo, há a proibição do formato a distância. Porém, tanto nos cursos presenciais quanto nos semipresenciais, uma parcela da carga horária de atividades pode ser a distância. Ou seja, tal situação exige refletir sobre a educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia para além dos contextos presenciais. Há alguns anos que se acompanha o crescimento de cursos e matrículas em formatos não presenciais (Garcia *et al.*, 2022), mas agora a legislação oficial do Brasil reafirma que não é mais possível pensar sobre as formações como algo que só acontece na sala de aula física.

Os inúmeros arranjos educacionais possíveis no atual cenário requerem que as ações de ensino-aprendizagem sejam pensadas de forma integral e coordenada, estabelecendo novas e amplas oportunidades de ensinar e aprender. As situações de aprendizagem podem ser muito diversas, aliando atividades síncronas e assíncronas, individuais e coletivas, online e offline, presenciais e a distância, mediadas ou sem mediação (Assumpção; Santos; Castro, 2023). Esse contexto, por si só, traz questionamentos e desafios, mas também

oportunidades, sendo necessário discutir sobre o trabalho e a formação docente.

Como espaço de encontro, a SD 11 também buscou ser uma oportunidade de reflexão para os envolvidos com a Educação em Engenharia, frente aos desafios de implementar as mudanças apontadas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) de 2019. Apesar de terem sido homologadas há algum tempo, as DCN estão sendo colocadas em prática mais recentemente, por conta das prorrogações de sua vigência em função da pandemia de covid-19.

Na área das Engenharias, as DCN/2019 apontam para a necessidade de processos de aprendizagem mais ativos, do desenvolvimento de competências e de valorização da capacitação docente (Brasil, 2019). Essas exigências salientam a importância do trabalho docente e a necessidade de a formação dos professores ir além do treinamento para manejar recursos tecnológicos ou seguir etapas de alguma metodologia.

2 ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Antes de apresentar os trabalhos e discussões, entende-se ser necessário trazer algumas informações sobre o crescimento da EaD no Brasil, que levou ao estabelecimento da atual Política, em maio/2025.

A EaD foi reconhecida como uma modalidade de ensino no ano de 2005, o que permitiu o seu desenvolvimento como instrumento de política pública, principalmente, na educação superior (Assumpção; Castro; Chrispino, 2018). Entretanto, com a revogação do marco regulatório e a instituição do Decreto 9.057/2017 (Brasil, 2017), a EaD passou a registrar forte crescimento, apesar do sistema educacional não parecer maduro para o abrandamento de critérios de regulação e supervisão dos cursos (Bielschowsky, 2018). Assim, no período de 2018 a 2023, os cursos de graduação a distância cresceram 232% (INEP, 2024).

A forte expansão da EaD fez surgir inúmeras discussões sobre o tema (Bertolin; McCowan; Bittencourt, 2021; Castro; Santos; Assumpção, 2023). Desse modo, o MEC veio estabelecendo uma série de medidas que culminaram com a publicação recente de uma nova Política de EaD, principalmente, na forma do Decreto nº 12.456/2025, da Portaria MEC nº 378/2025 e dos Referenciais de Qualidade de Cursos de Graduação com Oferta a distância/2025. Neste novo contexto, os cursos de graduação deixam de ser oferecidos em duas modalidades de ensino (presencial e a distância) para serem organizados em três formatos de oferta.

Os cursos das áreas de Engenharia, Produção e Construção podem ser oferecidos no formato presencial ou semipresencial sendo que, neste último, a carga horária mínima de atividades presenciais deve ser de 40% (Brasil, 2025b). Porém, é preciso ressaltar que presencialidade não é sinônimo de qualidade e que o formato semipresencial não significa selecionar algumas disciplinas para serem oferecidas através de uma plataforma ou por um conjunto de videoaulas. Em qualquer formato de oferta, os professores precisam ser capazes de ajudar os estudantes a se tornarem criativos, colaborativos, solucionadores de problemas e usar as tecnologias digitais, para que sejam cidadãos efetivos e membros da força de trabalho (UNESCO, 2011).

O próprio documento de Referenciais de Qualidade de Cursos de Graduação com Oferta a distância/2025 aponta a necessidade de “privilegiar estratégias [...] que incentivem a colaboração e a interação”, de “utilizar uma variedade de recursos e metodologias para garantir uma aprendizagem ativa”; de “processos contínuos de avaliação formativa”, entre outros. Ou seja, a “tecnologia [...] não deve ser o ponto focal [...], mas um elemento que viabiliza e potencializa as interações de aprendizagem (Brasil, 2025c, n. p.). Nesta perspectiva, o docente tem papel fundamental no desenho e na mediação das propostas.

3 DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO E O TRABALHO DOCENTE: CONTRIBUIÇÕES RECEBIDAS

A SD 11 contou com a participação de pesquisadores e professores interessados em compartilhar as suas pesquisas e experiências sobre o tema. Assim, este tópico apresenta uma síntese dos trabalhos elaborados no contexto de variadas instituições de ensino, como o Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

De acordo com as contribuições recebidas, os trabalhos puderam ser agrupados sob os aspectos dos desafios e das possibilidades identificadas. É a partir deles, então, que as discussões são apresentadas.

3.1 Desafios para a formação e o trabalho docente na Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia em contextos presenciais e não-presenciais

De forma ampla, o grande desafio identificado para a formação e o trabalho docente na educação superior, em especial, na Engenharia, Ciência e Tecnologia, é a necessidade de conhecimento e adoção de práticas pedagógicas e avaliativas que estejam alinhadas ao Decreto nº 12.456/2025, aos Referenciais de Qualidade de Cursos de Graduação com Oferta a distância e às DCN/2019. Para fins deste capítulo, trataremos de dois aspectos mais concretos: o processo avaliativo e a fragmentação da formação.

Processo avaliativo

Para nortear a discussão, partiu-se da seguinte questão: como formular propostas de avaliação da aprendizagem em contextos não presenciais?

No cenário da Educação em Engenharia, as práticas avaliativas tradicionais, baseadas em provas e exames classificatórios, mostram-se insuficientes para captar o processo de construção de saberes, pois privilegiam resultados e pouco contribuem para o desenvolvimento integral do estudante. Neste campo, o desafio é bastante complexo, envolvendo não apenas o domínio de conteúdos técnicos, mas também o desenvolvimento de competências colaborativas, éticas e críticas, em consonância com as DCN/2019.

A emergência de metodologias ativas e o uso das tecnologias digitais têm impulsionado novas maneiras de acompanhamento e de avaliação da aprendizagem, mas ainda carecem de adaptações consistentes em ambientes virtuais (Ludovico *et al.*, 2020). A integração entre avaliação formativa, avaliação por pares e autoavaliação vem apresentar um tripé essencial para a inovação pedagógica na Educação em Engenharia, em cursos presenciais e semipresenciais. Essa articulação fortalece a coerência entre objetivos de ensino, estratégias didáticas e resultados esperados, garantindo um processo avaliativo mais inclusivo, participativo e capaz de orientar os estudantes no desenvolvimento de competências críticas e colaborativas. Além disso, responde às exigências das DCN dos cursos de Engenharia, que reforçam a necessidade de métodos avaliativos condizentes com a formação integral do egresso (Brasil, 2019).

A adoção da avaliação formativa constitui um avanço, uma vez que permite acompanhar continuamente o percurso do discente, identificando suas dificuldades e potencialidades ao longo de sua formação. Essa

forma de avaliação desloca o foco da mensuração estática para a promoção do aprendizado, valorizando o feedback constante e a possibilidade de reorientação pedagógica.

Outro eixo fundamental é a avaliação por pares, que promove uma prática colaborativa no contexto acadêmico. Quando os estudantes participam da análise crítica do desempenho de seus colegas, desenvolvem competências de argumentação, senso crítico e responsabilidade coletiva, elementos essenciais na atuação profissional do engenheiro, cuja prática demanda trabalho em equipe, negociação e tomada de decisão em grupo. Essa abordagem amplia a compreensão do processo de aprendizagem e fortalece o engajamento dos discentes, tornando-os mais ativos na construção do conhecimento. No mesmo sentido, é relevante o que diz Boud e Falchikov (2007), que ressaltam a importância de envolver os estudantes em práticas avaliativas que reflitam as demandas do mundo profissional, onde o julgamento de qualidade e a capacidade de oferecer feedback construtivo são habilidades centrais.

A autoavaliação, por sua vez, amplia a autonomia discente e contribui para o desenvolvimento da autorregulação. Ao refletirem sobre seus próprios avanços e dificuldades, os estudantes são estimulados a adotar uma postura protagonista diante do processo formativo, estabelecendo metas pessoais de superação e construção de competências. Conforme Costa (2004):

A simples iniciativa do educando de se avaliar já representa um aspecto positivo, permeado por auto-reflexões e autoquestionamentos, que certamente enriquecem o ambiente de aprendizagem significativos como um todo. Numa proposta de avaliação realizada a distância, auto-avaliação ganha uma importância ainda maior, pois passa a representar um momento de o aluno exercer a sua autonomia e saber como está o teu trabalho (Costa, 2004, p. 81).

A autoavaliação dialoga com a concepção de aprendizagem ao longo da vida, cada vez mais exigida pela sociedade e pelo mercado de trabalho, considerando o ritmo acelerado das transformações técnicas e organizacionais no campo da Engenharia (Nóvoa, 2022).

A integração entre ações presenciais e não presenciais demanda formas de avaliação da aprendizagem mais flexíveis e diversificadas. No

que se refere à avaliação da aprendizagem em contextos não presenciais, a literatura aponta para a necessidade de superar práticas tradicionais baseadas em provas classificatórias. Garcia (2013) destaca que a avaliação em EaD deve ser compreendida a partir de uma perspectiva comunicacional, na qual o diálogo, a negociação e o feedback processual assumem papel central. Inspirada no paradigma construtivista, a chamada quarta geração da avaliação propõe a construção coletiva do conhecimento por meio da interação entre avaliadores e avaliados, valorizando tanto dimensões quantitativas quanto qualitativas.

Buscando auxiliar o docente no desenvolvimento de atividades que dialoguem com a proposta do tripé de avaliação formativa, autoavaliação e avaliação por pares, exemplificamos alguns instrumentos como: os portfólios digitais, os projetos colaborativos, os testes online, as simulações virtuais e o estímulo para produções autorais, como os podcasts (Santos; Assumpção; Castro, 2024) e os vídeos. É possível também a proposta de estudos de casos e construção de projetos que possam ser observados por pares, possibilitando feedbacks formativos.

Práticas como as citadas vêm a valorizar tanto os aspectos cognitivos quanto os socioemocionais, integrando teoria e prática, fortalecendo a formação crítica e inclusiva, contribuindo para a construção de uma educação em Engenharia mais equitativa, crítica e alinhada às demandas contemporâneas da sociedade.

Fragmentação da formação

Um segundo desafio percebido é que a formação conhecida como tradicional, pautada pela fragmentação disciplinar e pela centralidade do professor, já não responde de forma adequada às exigências das DCN/2019 e às demandas contemporâneas de uma sociedade complexa e em constante transformação. A formação em Engenharia no Brasil, historicamente, foi construída sob o paradigma da especialização e da fragmentação do saber. Esse modelo disciplinar, herdado da tradição positivista e tecnicista, priorizou a transmissão de conteúdos técnicos de forma compartimentada, em detrimento da integração e da contextualização dos saberes (Fazenda, 2002; Santomé, 1998).

No contexto das DCN/2019, a interdisciplinaridade e as metodologias ativas surgem como possibilidades complementares. A primeira, ao propor a articulação entre áreas distintas do conhecimento, rompe com a lógica da compartimentalização e promove uma visão sistêmica dos problemas (Maggessi *et al.*, 2021). As segundas, ao

colocarem o estudante no centro do processo de ensino-aprendizagem, estimulam o protagonismo, a autonomia e a colaboração (Moran, 2015).

A interdisciplinaridade emerge como resposta à fragmentação do conhecimento científico, característica do paradigma positivista moderno, que privilegiou a especialização em detrimento da integração (Maggessi *et al.*, 2021). Diferente da mera justaposição de conteúdos, no ensino superior, a interdisciplinaridade pressupõe a articulação de diferentes saberes, promovendo a construção de novos referenciais teóricos e metodológicos capazes de enfrentar problemas complexos do mundo contemporâneo (Echeverría; Gonçalves, 2009).

Outro conceito importante é o de transdisciplinaridade, que propõe um diálogo profundo entre diferentes áreas do saber. Segundo Japiassu (1976), ela representa um nível no qual as disciplinas não apenas interagem, mas se abrem umas às outras, permitindo a construção de novos dispositivos conceituais e metodológicos. Para Nicolescu (1999), sua finalidade maior é a compreensão do mundo presente a partir de uma unidade plural dos conhecimentos considerando diferentes níveis de realidade.

Na prática, a transdisciplinaridade implica cooperação horizontal, na qual nenhum saber prevalece sobre o outro. Os profissionais envolvidos precisam se familiarizar com áreas distintas da sua, tornando o discurso acessível e compartilhado. Assim, o trabalho em equipe é caracterizado pela humildade, pela abertura ao desconhecido e pela capacidade de gerar novas soluções (Iribarry, 2003).

As metodologias ativas contribuem para o desenvolvimento das chamadas competências do século XXI que incluem colaboração, comunicação, criatividade, pensamento crítico e capacidade de resolver problemas complexos. No ensino de Engenharia, essas competências são fundamentais para que o profissional se adapte às transformações tecnológicas e sociais. Assim, a integração da interdisciplinaridade com metodologias ativas oferece um caminho fértil para o desenvolvimento dessas competências, pois estimula tanto a dimensão cognitiva quanto a socioemocional da aprendizagem.

Embora essa integração possa ser um caminho para a formação de competências no contexto atual, diversos são os entraves para o seu desenvolvimento. Dentre estes, está a herança especialista da formação dos engenheiros nas últimas décadas, que formou profissionais que dominam profundamente um campo restrito, sendo indispensáveis para soluções técnicas complexas.

Embora esta visão tenha sido útil em um determinado momento, atualmente tanto a complexidade dos problemas, quanto a velocidade dos avanços tecnológicos têm demandado profissionais que possuam também uma visão holística. Neste sentido, o profissional generalista seria um perfil mais adequado ao momento contemporâneo, em função de sua ampla formação e de sua aptidão para integrar conhecimentos e atuar com flexibilidade em diversos contextos. Desse modo, a interdisciplinaridade pode atuar como uma ponte entre os perfis de especialista e generalista, permitindo que os engenheiros conciliem visão global e aprofundamento técnico.

Um exemplo de proposta que busca alinhar princípios de uma formação generalista com a interdisciplinaridade é o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Engenharia Civil da UFAL/Campus do Sertão.

No que se refere à formação generalista, o PPC define como perfil do egresso um engenheiro civil com sólida base científica e técnica, capaz de atuar em múltiplas áreas da profissão, como concepção, projeto, execução e gestão de obras. Ao mesmo tempo, o PPC estabelece a interdisciplinaridade como eixo estruturante da proposta curricular, defendendo a superação da fragmentação disciplinar. Essa diretriz se concretiza na integração horizontal e vertical entre diferentes núcleos de formação (básico, profissionalizante e específico). Entretanto, apesar deste esforço, a prática docente ainda carece de aperfeiçoamentos para a concretude de tais recomendações.

Um exemplo explícito está nas instituições das Atividades Curriculares de Extensão (ACE) que, embora se constituam como espaços potenciais de integração do conhecimento e desenvolvimento de competências amplas, ainda não desempenham este papel, com ementas excessivamente genéricas e dependentes do perfil do professor responsável que, geralmente, é um especialista.

A prática profissional sugere que a realidade da profissão é exercida em conjunto com profissionais de diferentes especialidades e formações, portanto, as ACE deveriam proporcionar uma simulação deste espaço na resolução de problemas reais. Supõe-se que a condução por mais de um docente no formato de ateliê ou escritório seja a mais adequada, já que propiciaria o intercâmbio de conhecimentos, a produção de novos saberes e uma retroalimentação das disciplinas/conteúdos baseados em problemas reais. Esta prática também estimula o discente a adquirir conhecimentos frente aos desafios propostos, associando-os à realidade circundante. Dessa forma, a transdisciplinaridade não deve ser entendida como uma disciplina em si, mas como uma atitude epistemológica e

pedagógica que amplia a compreensão do conhecimento e da prática docente, contribuindo para a formação de professores mais criativos, críticos e preparados para atuar em um mundo cada vez mais complexo e interconectado.

3.2 Possibilidades para a formação e o trabalho docente na educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia em contextos presenciais e não-presenciais

Apesar da complexidade que envolve a docência na Educação em Engenharia, Ciência e Tecnologia, é possível pensar em construir propostas que superem os desafios que vêm sendo colocados. Desse modo, este tópico apresenta práticas sobre a formação e o trabalho docente desenvolvidas no contexto de duas instituições de ensino: na UFSCar e no Cefet/RJ.

Proposta de um programa de formação docente na UFSCar

A formação docente para o ensino de Engenharias e Ciências Exatas enfrenta, nas últimas décadas, um processo de reconfiguração marcado pelas transformações sociais, tecnológicas e pelas novas DCN. Essas diretrizes estabelecem que a educação superior deve ir além da transmissão de conteúdos técnicos, orientando-se pela formação de competências que integrem conhecimentos, habilidades, atitudes e valores aplicados de modo contextualizado e crítico (Brasil, 2019).

Nesse cenário, a docência universitária passa a demandar um perfil diferente daquele historicamente predominante. Tradicionalmente, os professores dessas áreas foram formados em trajetórias de forte ênfase na pesquisa e no domínio técnico, com pouca ou nenhuma preparação pedagógica (Masetto, 2015; Pimenta; Anastasiou, 2014). O resultado é a prevalência de práticas expositivas e centradas no professor, que se mostram cada vez menos eficientes para uma geração de estudantes hiper conectada, com diferentes estilos de aprendizagem e exposta a um volume massivo de informações (Moran, 2018).

A partir da homologação das DCN/2019, há expectativa de que os cursos preparem os futuros engenheiros com conhecimentos, habilidades técnicas e socioemocionais como trabalho em equipe, colaboração, comunicação, resolução de problemas cada vez mais complexos, capacidade de aprendizagem ao longo da vida, desenvolvimento de postura ética e profissional, essenciais para sua atuação como profissional. Tais mudanças visam acompanhar as transformações sociais e os avanços científicos e tecnológicos que

resultam em um mundo do trabalho em constante evolução (Fórum Econômico Mundial, 2025).

Diante desse cenário, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), por meio da Pró-Reitoria de Graduação (ProGrad) e do Grupo de Trabalho em Metodologias Ativas e Avaliação (MetAA), propôs a criação do Programa Institucional de Formação Docente em Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem e Estratégias de Avaliação. O objetivo do programa é promover a formação docente, valorizando as atividades de ensino, fortalecendo o vínculo com os PPC e estimulando um maior protagonismo dos estudantes de forma a prepará-los para atender às demandas de uma sociedade em constante transformação.

Dentre as ações do Programa, o MetAA ofertou o Curso de Desenvolvimento Docente em Estratégias de Aprendizagem Ativa e Avaliação, com o objetivo de auxiliar os professores para a efetiva implementação dos currículos baseados em competências e obtenção de resultados mais satisfatórios em relação ao processo de ensino-aprendizagem. O curso foi estruturado em 4 módulos de 20h cada um, distribuídos em 5 semanas, com atividades síncronas e assíncronas no Ambiente Virtual de Aprendizagem do GClass e um Encontro Presencial por módulo. Os módulos tinham como tema:

I. Começando pelo porquê! - Tendo por objetivo conhecer o perfil do profissional para o século XXI, identificando as competências atitudinais, os estilos de aprendizagem e perfis geracionais;

II. Planejando as estratégias de ensino-aprendizagem - Tendo por objetivo a elaboração de objetivos de aprendizagem para organização das atividades de ensino, em consonância com as competências esperadas para cada perfil profissional;

III. Conhecendo e vivenciando estratégias de aprendizagem ativa - Seu objetivo era conhecer, escolher, planejar e aplicar as diferentes estratégias de aprendizagem ativa;

IV. Criando um Sistema de Avaliação da Aprendizagem em currículos baseados em competências - Seu objetivo era conhecer, escolher, planejar e aplicar diferentes instrumentos de avaliação da aprendizagem, contemplando os objetivos de aprendizagem preestabelecidos.

O curso foi ofertado entre os meses de agosto de 2024 e fevereiro de 2025 com a participação de 40 docentes da UFSCar de diferentes áreas. Após a sua conclusão, iniciou-se a "Comunidade de Práticas", um espaço colaborativo criado para promover o desenvolvimento docente de forma contínua. Esse ambiente foi idealizado para ser um ponto de

encontro entre aqueles que finalizaram o curso e que desejam colocar em prática as estratégias de aprendizagem ativa e avaliação, bem como partilhar experiências com outros docentes, contando com a mentoria da equipe MetAA.

A fim de identificar os principais facilitadores e barreiras percebidos por docentes da UFSCar que participaram do Curso de Desenvolvimento Docente em Estratégias de Aprendizagem Ativa e Avaliação, extraíram-se percepções e reflexões de diferentes atividades síncronas e assíncronas propostas, bem como dos encontros presenciais.

O curso foi percebido como oportunidade de reconexão com a dimensão pedagógica da carreira acadêmica, possibilitando a troca de experiências entre docentes de diferentes áreas, o fortalecimento do trabalho em rede e o estímulo ao protagonismo docente.

Por outro lado, ficaram evidentes algumas barreiras estruturais e culturais. Entre elas, a sobrecarga de atribuições dos docentes, que dificulta a dedicação às atividades de formação; a resistência à mudança de práticas consolidadas no ensino superior, ainda fortemente centrado no modelo expositivo; e a falta de políticas institucionais mais consistentes para valorização do ensino e reconhecimento da inovação pedagógica nos processos de progressão na carreira. Também foram relatadas dificuldades de ordem prática, como a evasão progressiva de participantes devido a conflitos de agenda, limitações de infraestrutura e cansaço extremo durante o semestre letivo.

A análise das impressões dos envolvidos aponta que a efetiva transformação do ensino universitário por meio de metodologias ativas depende não apenas do engajamento individual dos professores, mas sobretudo de condições institucionais que sustentem a formação docente como política estruturante. A experiência da UFSCar revela que iniciativas como este curso representam passos importantes, mas que precisam ser ampliadas e articuladas a medidas de incentivo, valorização e acompanhamento. Reconhecer e tratar os desafios identificados é essencial para garantir que a formação docente em metodologias ativas se traduza em práticas consistentes, capazes de formar engenheiros e cientistas preparados para os complexos cenários do século XXI.

Experiências de formação docente a partir de um dispositivo de ensino-pesquisa no Cefet/RJ

A formação docente para o ensino de Engenharias e Ciências Exatas enfrenta, nas últimas décadas, um processo de reconfiguração marcado pelas transformações sociais, tecnológicas e pela DCN/2019.

As modificações nos cursos de graduação e a necessidade de se pensar sobre a formação de docentes são também importantes em função do surgimento e crescimento da formação em Engenharia em outros modelos que não são essencialmente presenciais e que, assim, demandam a estruturação de distintas propostas didático-pedagógicas. Entretanto, ainda hoje, o que se verifica é que a maioria dos professores de Engenharia não possuem formação para a docência (Pinheiro *et al.*, 2023), apesar da significativa representatividade de mestres e doutores.

Neste sentido, é possível pensar a pós-graduação como espaço oportuno de formação de novos professores, já que a LDB/1996 determina que a “preparação para o exercício do magistério superior far-se-á em nível de pós-graduação, prioritariamente em programas de mestrado e doutorado” (Brasil, 1996, Art. 66). Neste sentido, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) instituiu o estágio de docência em 1999 (Lima; Leite, 2019) e, através da Portaria nº 76, de 14 de abril de 2010, o prevê como “parte integrante da formação do pós-graduando, objetivando a preparação para a docência, e a qualificação do ensino de graduação, sendo obrigatório para todos os bolsistas do Programa de Demanda Social [...]” (Brasil, 2010, Art. 18).

As iniciativas no Cefet/RJ têm sido desenvolvidas no âmbito do Grupo de Pesquisa (GP) “Práticas discursivas na produção de identidades sociais: Fatores humanos, organizações, trabalho, tecnologia e sociedade” que, desde 2015, vem atuando em ações e investigações sobre educação em Engenharia de Produção em contexto presencial, a distância, híbrido e, por conta da pandemia de covid-19, também remoto. Desse modo, desde 2018, as atividades de estágio de docência do GP passaram a ser desenvolvidas a partir de um dispositivo de ensino-pesquisa.

Originalmente, a noção de “dispositivo” faz alusão aos estudos de Foucault e começou a ser usada em relação à educação e formação de professores no sentido de indicar articulações de processos inovadores de investigação, análise e intervenção na realidade (Santos; Assumpção; Castro, 2022). Neste sentido, as atividades de estágio docente de mestrandos e doutorandos do GP passaram a funcionar como um elemento que integra a pesquisa, a partir das investigações teóricas, e o ensino, através das aplicações práticas nas salas de aula. Estas ações, planejadas e executadas em equipe, são indissociáveis pelas constantes reflexões e discussões entre os pós-graduandos, mas também entre pós-graduandos e graduandos, a partir da execução das ações e dos feedbacks dos estudantes de graduação.

As experiências têm ocorrido no âmbito das disciplinas de Psicologia e Sociologia do Trabalho (PST) e Tecnologia, Fatores Humanos e Sociedade (TFH), componentes curriculares de caráter obrigatório e eletivo, respectivamente, do curso de Engenharia de Produção presencial do Cefet/RJ, unidade Maracanã. Para exemplificar como tem ocorrido a formação de professores através do estágio docente, descreve-se, resumidamente, duas destas ações.

Na primeira ação apresentada, alinhou-se as potencialidades do *Team Based Learning* (TBL) (Parmelee *et al.*, 2012), uma metodologia de aprendizagem ativa, e da abordagem didático-pedagógica da educação online (Pimentel; Carvalho, 2020) que tem foco na interatividade e na aprendizagem colaborativa, possibilitando que os estudantes realizassem discussões para a elaboração de podcasts baseados em artigos científicos, trabalhando em equipes. Esta experiência estimulou a aprendizagem e o desenvolvimento de competências e habilidades, como negociação, gestão de conflitos e tomada de decisão, além do aprendizado em rede. A experiência foi desenvolvida ao longo do período de Ensino Remoto Emergencial (ERE), entre os anos de 2020 e 2022 (Santos; Assumpção; Castro, 2024).

Em uma outra proposta desenvolvida no ensino presencial, após a finalização do período de ERE, combinou-se os princípios do TBL, da Sala de Aula Invertida e do *Role Playing* utilizando-se elementos de uma série de ficção científica, *Black Mirror*, exibida em uma plataforma de streaming. O uso do *Role Playing* em sala de aula tem potencial para promover novos aprendizados, a partir do "eixo espontaneidade-criatividade" (Ramalho, 2021). Em equipes, os estudantes representaram profissionais de Engenharia e receberam orientações sobre o desenvolvimento de novos produtos relacionados à área de atuação de uma determinada corporação, de acordo com alguns dos episódios da série de ficção científica. Desse modo, a iniciativa permitiu simular uma possível atuação profissional de estudantes de Engenharia, além de desenvolver distintas habilidades, entre elas, a criatividade, noções de planejamento, liderança e gestão de conflitos (Assumpção; Santos; Castro, 2023).

Através das ações descritas, é possível observar a construção de diferentes arranjos educacionais, focados na aprendizagem ativa, colaborativa e contextualizada, adequados ao contexto presencial ou não-presencial e ainda ao momento sócio-histórico. A elaboração destas propostas demandou intensa atividade de pesquisa e reflexão docente e foram realizadas com a estruturação do dispositivo de ensino-pesquisa.

Por meio do dispositivo, as atividades de estágio docente se aproximam das ideias de Demo (2011), que coloca a pesquisa como a razão do ensino e o ensino como a razão da pesquisa. Nesta perspectiva, a pesquisa configura-se como um ato contínuo com diferentes ações e objetivos, preocupando-se também com o ensino. Desse modo, é possível conhecer os atuais temas e produções científicas na área de atuação, bem como as ações pedagógicas em discussão, buscando verificar quais e como estão sendo utilizadas e os resultados gerados na Educação em Engenharia.

Apesar da relevância da estrutura do dispositivo, é necessário destacar que seu funcionamento só é possível em função da atuação em equipe dos professores, um trabalho que, além de colaborativo, se beneficiou da oportunidade constante de reflexão e da investigação coletiva. Assim, baseando-se na pesquisa, o dispositivo possibilita pensar e discutir em conjunto o planejamento de propostas pedagógicas que garantam o aprendizado ativo, propondo estratégias e atividades adequadas ao contexto de aplicação, aos conteúdos a serem trabalhados, incluindo os assuntos levantados na ação de pesquisa, e às inúmeras possibilidades oportunizadas pelos diferentes recursos, tecnológicos ou não, em contextos presenciais e não-presenciais de Educação em Engenharia. Para isto, as atividades propostas também devem ser diversificadas, por meio de ações individuais e coletivas, síncronas e assíncronas em um ritmo equilibrado de desenvolvimento do aprendizado.

No contexto da pós-graduação, este movimento suscita novas reflexões, investigações e aplicações práticas que aprimoram as pesquisas, tornando-as atualizadas e relevantes já que estão constantemente conectadas ao mundo real da sala de aula, seja física ou virtual. Ainda é preciso ressaltar que, nesse modelo, o professor responsável pela disciplina precisa ser um facilitador da formação para a docência, atuando em conjunto com os mestrandos e doutorandos nos momentos de planejamento e execução das atividades pedagógicas, fornecendo feedbacks construtivos e analisando, em conjunto, as considerações e perspectivas dos alunos da graduação. De forma geral, é possível dizer que há a construção de vários processos de aprendizagem ativa que perpassam os distintos níveis de ensino, oportunizando que todos aprendam com todos, em variados sentidos. Desse modo, o dispositivo de ensino-pesquisa no âmbito do estágio docente possibilita a criação de um processo de melhoria contínua das aulas, das pesquisas e da formação de professores.

Novas experiências de formação docente a partir de um dispositivo de ensino-pesquisa no Cefet/RJ

De tempos em tempos, as disciplinas de TFH e PST são replanejadas, apresentando novas atividades, muitas vezes a partir de sugestões dos próprios pós-graduandos, que são estimulados a aplicá-las e a analisar o resultado em um processo de aprimoramento.

Após alguns semestres de uso da série Black Mirror na disciplina de PST, na Engenharia de Produção (Assumpção; Santos; Castro, 2023; Assumpção *et al.*, 2023), foi proposta uma atividade que usou a série Ruptura como subsídio. O objetivo era fazer com que os estudantes refletissem sobre os avanços tecnológicos e suas influências no ambiente de trabalho. A primeira aplicação da atividade foi realizada em 2025.1.

“Ruptura” é uma série que combina os gêneros drama, suspense e ficção científica, lançada em 2022. Ela utiliza uma narrativa distópica que se constrói em torno da premissa de dissociação total de identidade. A série foi escolhida por sua narrativa, que oferece uma interessante metáfora sobre a dissociação entre a vida pessoal e a profissional. Na trama, os funcionários de uma empresa são submetidos a um procedimento cirúrgico intitulado ruptura que separa suas memórias em dois âmbitos isolados: um dedicado ao trabalho e outro à vida pessoal. Essa cisão impede que suas versões de si, profissional e pessoal, compartilhem quaisquer recordações.

O procedimento “ruptura” consiste em uma intervenção médica invasiva que implanta um microchip no cérebro do indivíduo, promovendo uma divisão das experiências vitais em duas dimensões distintas, configurando uma espécie de bifurcação cerebral. Com a memória segmentada em duas perspectivas distintas, as pessoas submetidas ao procedimento não se recordam de suas vidas pessoais enquanto estão no ambiente de trabalho. De forma análoga, a memória profissional não é evocada ao deixarem o espaço corporativo.

Conforme os episódios se desenrolam, revela-se que um nível da empresa denominado “andar de ruptura”, local onde quase todos os funcionários passaram pelo procedimento de ruptura (exceto os líderes), é estruturado de forma semelhante a um labirinto. Essa configuração isola os diferentes setores e impede a interação entre os funcionários.

Ruptura, em seus 9 episódios da primeira temporada, conduz o telespectador a explorar e refletir sobre diferentes questões. A série toca em temas interessantes e polêmicos, que foram utilizados como perguntas geradoras de atividades para os grupos de estudantes de PST.

É possível inferir que o recurso ficcional atua como uma crítica cultural diante dos problemas concretos relacionados aos fatores

humanos no trabalho. Além disso, a escolha do uso de uma série lançada há poucos anos também tem o objetivo de gerar motivação e interesse nos alunos.

Alguns dos temas trabalhados a partir da série foram: busca pelo equilíbrio entre vida profissional e pessoal (representado pela escolha por passar pelo procedimento ‘radical’ de ruptura); identificação extrema e acrítica com a empresa em que se trabalha; punição dentro do ambiente de trabalho; separação interdepartamental extrema.

A atividade proposta foi realizada durante três semanas, fazendo com que os estudantes assistissem a três episódios por semana. Cada grupo recebeu semanalmente uma pergunta geradora relacionada ao conteúdo dos episódios que deveriam assistir. As questões eram variadas, mas buscavam levar à reflexão sobre os avanços tecnológicos e seus impactos nas relações de trabalho, além de dinâmicas do mundo corporativo que já existem e se perpetuam há muito tempo.

A atividade envolveu momentos síncronos, realizados em sala de aula presencial, e assíncronos, usando diversas ferramentas digitais. Nos momentos assíncronos os estudantes assistiam os episódios da série e desenvolviam a apresentação, a partir da pergunta geradora. Os momentos síncronos dizem respeito à apresentação de cada grupo em sala, incluindo debates amplos sobre os temas apresentados.

É possível identificar aspectos individuais e coletivos na realização da atividade. Os estudantes puderam assistir a série de uma forma individual ou conjunta, mas a elaboração da apresentação deveria ser feita em grupo. Em sala de aula, a apresentação realizada em equipe também implica no indivíduo, que traz suas contribuições pessoais nas discussões que surgem.

Ao fim do semestre, um formulário de avaliação de reação, com base em uma escala Likert de cinco pontos, foi enviado aos estudantes, com o objetivo principal de ser um espaço aberto de comunicação, ajudando a equipe docente a entender o que funcionou e o que não funcionou (e, mais importante, o porquê).

A análise das opiniões dos estudantes mostrou que a atividade foi bem recebida, com comentários sobre estímulo do senso crítico. Em síntese, os dados sugeriram que a abordagem pedagógica baseada no uso de narrativas audiovisuais contemporâneas é bem aceita, estimulou o pensamento crítico e contribuiu para a motivação dos estudantes, ao oferecer uma experiência de aprendizagem alinhada às dimensões culturais e tecnológicas.

4 DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO E O TRABALHO DOCENTE: CONSTRUÇÃO COLETIVA REALIZADA NA SD

Além dos pesquisadores que compartilharam seus trabalhos e experiências, a SD contou com a participação de outros professores e pessoas interessadas no tema. A partir deste coletivo, foi possível ampliar as reflexões sobre os desafios e as possibilidades para a formação e o trabalho docente, como será mais bem discutido neste tópico.

Os desafios percebidos

Propôs-se uma dinâmica dividida em dois momentos. Inicialmente, os participantes, organizados em três grupos, discutiram sobre os desafios percebidos para a formação e a docência na Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia. Como vários aspectos foram levantados, para melhor apresentação destes dados, eles foram organizados e sintetizados em categorias, como demonstrado na Figura 1.

Como visualizado na Figura 1, os desafios envolvem diferentes atores, a partir de perspectivas individuais, coletivas e institucionais. Identifica-se certo desinteresse por parte das instituições de ensino, dos gestores, dos docentes e dos estudantes na promoção de melhorias e na conscientização sobre a importância do ensino, o que provoca impactos em relação à implementação de novas práticas e gera resistência a mudanças. Aliado a isto, verifica-se que há a necessidade de promover a formação continuada dos docentes e de aprimorar os conhecimentos didático-pedagógico para o trabalho nas diferentes salas de aula.

Figura 1 – Principais desafios para o trabalho e a formação docente



Elaborado pelos autores.

Para além da necessidade de formação, nota-se que a docência demanda a existência de um coletivo de reflexão. Isto porque, os espaços e os momentos de reflexão entre os pares promovem o compartilhamento de experiências e, assim, incentivam os profissionais a se engajarem em diferentes propostas e auxiliam o aprendizado do grupo, promovendo o desenvolvimento da formação e do trabalho docente de forma coletiva.

Entretanto, entende-se que o desenvolvimento da formação e da coletividade esbarram na dificuldade de conciliar diversas atividades, entre elas, a de atualização de conteúdos das disciplinas e o tempo para

planejamento de atividades, e em ações de cunho administrativo que envolvem a docência nas diferentes instituições.

Ainda é preciso lembrar que a formação e a coletividade colocam a necessidade de valorização da docência, concedendo maior visibilidade e relevância às práticas de ensino que, muitas vezes, perdem espaço em função do destaque que é dado à pesquisa e às produções científicas. Neste sentido, os próprios grupos de pesquisa também poderiam promover mais discussões e investigações sobre os processos de ensino-aprendizagem. Ao mesmo tempo, reconhecer a importância do professor, principalmente, com o avanço cada vez maior da tecnologia é essencial já que somente o professor é capaz de compreender as reais necessidades dos estudantes e de propor atividades e estratégias realmente significativas, que atendam aos interesses e às condições de cada discente.

Para finalizar, outro elemento primordial elencado foi o apoio institucional. Percebe-se que há uma carência de iniciativas e de regulação das instituições e dos gestores que busquem promover a docência de forma expressiva na Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia.

As possibilidades discutidas

Em um segundo momento da dinâmica da SD, após as reflexões sobre os desafios, os grupos de participantes debateram e elencaram possibilidades para ajudar a superar os obstáculos anteriormente identificados. As discussões realizadas podem ser sintetizadas nas seguintes sugestões de ações:

- I) Maior valorização do processo de ensino-aprendizagem e da docência pelos diversos órgãos de fomento (como Capes, CNPq etc.);
- II) Melhor remuneração e desenvolvimento da carreira docente;
- III) Ação institucional, dentro das Instituições de Ensino Superior (IES), com políticas bem definidas e reconhecimento da importância do trabalho docente;
- IV) Promoção, dentro das IES, de iniciativas de formação docente de caráter obrigatório;
- V) Promoção de espaços e de momentos para o compartilhamento docente coletivo;

VI) Ampliação da relevância das práticas de ensino e da formação para a docência no processo de progressão funcional.

Entende-se que o trabalho e a formação docente, apoiados em programas de formação e de espaços de reflexão, que sejam ancorados na valorização da docência e no apoio institucional são condições fundamentais para a melhoria dos processos de ensino-aprendizagem e para a superação dos principais desafios percebidos.

De acordo com Nóvoa (2002), “a organização das escolas parece desencorajar um conhecimento profissional partilhado dos professores, dificultando o investimento em experiências significativas nos percursos de formação” (p. 39). Especificamente nas Engenharias, o levantamento de Ferreira e Nacarato (2024) identificou que a pouca formação para a docência que os professores pesquisados possuíam, na verdade, estava relacionada à procura individual por aperfeiçoamento.

É necessário compreender o cenário de desenvolvimento da própria docência na área no Brasil. Durante muito tempo, o domínio do conhecimento e as experiências profissionais eram condições importantes para tornar-se professor nos cursos de graduação brasileiros (Severino, 2013). A partir dos anos de 1980, passou a ser exigida uma formação além da graduação e da experiência profissional, inicialmente, de especialização, e posteriormente, em nível de mestrado e doutorado (Ferreira; Nacarato, 2024). Nas Engenharias, isso representou a grande presença de profissionais com vasta experiência de mercado nas salas de aula (Molisani, 2017). Foi somente com a LDB/1996 e, posteriormente com a Resolução nº 11 do Conselho Nacional de Educação (CNE) de 2002, que algumas orientações de cunho didático-pedagógico para a educação em Engenharia foram criadas. Entretanto, alguns estudos seguiram apontando a necessidade de mudanças nestes cursos de graduação (Turrioni, 2017).

É possível dizer que a partir de 2019, com a aprovação das mais recentes DCN, oriundas de um esforço conjunto de diversos setores da sociedade, surge uma perspectiva diferenciada para a formação no Brasil. Pela primeira vez, os cursos de graduação em Engenharia precisam se preocupar com a implementação de processos de aprendizagem que garantam autonomia intelectual ao estudante, destacando a utilização de metodologias de aprendizagem ativa e o desenvolvimento de competências; com a adoção de políticas de acolhimento, contemplando, entre outros, atendimento psicossocial e pedagógico; com a importância e a necessidade de formação continuada

de docentes e com a observação de construção de critérios que possam promover uma formação inovadora (Brasil, 2019).

Mais recentemente, está o fato de que o ensino de Engenharia, Ciência e Tecnologia não ocorre mais somente em espaços presenciais há algum tempo, o que foi reforçado pela Política de EaD/2025. Nesta seara, o planejamento e a execução das propostas educacionais devem considerar a articulação de diferentes estratégias, abordagens e métodos de ensino-aprendizagem atendendo às diferenças e similaridades e os principais desafios didático-pedagógicos existentes nos distintos formatos de curso. Em outras palavras, apenas transpor o modelo presencial para qualquer outro formato não é o suficiente, exigindo um profissional docente “ativo e [...] [com] autoria no processo de ensino e aprendizagem”. Além disso, o professor deve

ser capaz de criar cenários que simulem a complexidade das aplicações dos saberes no mundo real, por meio de problemas genuínos que possibilitem avaliar a conversão de seu conhecimento na resolução de problemas, pensamento crítico e comunicação efetiva [...] (Brasil, 2025c, n. p.).

Em especial, em período de tantos desafios colocados para os docentes, se entende ser oportuno um convite ao exercício da reflexão e da (re)construção de práticas, afinal

o trabalho centrado na pessoa do professor e na sua experiência é particularmente relevante nos períodos de crise e de mudança, pois é preciso um tempo para acomodar as inovações e as mudanças, para refazer as identidades (Nóvoa, 2002, p. 39).

Neste conjunto de possibilidades, é preciso apontar as experiências trazidas pelos autores participantes da SD e já expostas neste texto, como o curso de formação promovido pela UFSCar e o dispositivo educacional de estágio docente do Cefet/RJ.

O curso de formação da UFSCar, oferecido por meio da Pró-Reitoria de Graduação, de um Grupo de Trabalho e de um Programa Institucional de Formação, mostra como o suporte institucional é basilar para o fortalecimento da docência e a estruturação de um curso especificamente para professores e que está preocupado não somente com a teoria, mas que concede espaço às reflexões.

Ao mesmo tempo, o dispositivo educacional de estágio docente do Cefet/RJ, ao aliar ensino-pesquisa em um panorama de aprendizagem ativa que perpassa distintos níveis de educação, potencializa a prática de ensino e desenvolve a pesquisa a partir do ensino, possibilitando a criação de um processo de melhoria contínua das aulas, das pesquisas e da formação de professores.

Desse modo, como ações concretas já em desenvolvimento, podem servir de referência para outras instituições ou mesmo serem adaptadas para serem estabelecidas em rede para diferentes professores e estudantes, ampliando as oportunidades de discussão, pesquisa e formação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SD 11 buscou discutir o trabalho e a formação docente frente aos possíveis impactos provocados pela Política de Educação a Distância/2025 nos cursos das áreas de Engenharia, Ciências e Tecnologia. Como espaço de encontro, a SD também visava ser uma oportunidade de discussão para os envolvidos com a Educação em Engenharia, frente aos desafios que vêm enfrentando com as exigências trazidas pelas DCN.

Para isso, diferentes trabalhos foram apresentados por professores e pesquisadores da UERGS, UFAL, UFSCar, Cefet/RJ, ENCE e Fiocruz denotando a experiência e o interesse de estudiosos na formação e no trabalho docente em contextos presenciais, não-presenciais e semipresenciais de Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia no Brasil. Além destes, a SD contou com a participação de outros pesquisadores e professores que ampliaram o debate com novos olhares e experiências.

Nesta conjuntura, foi possível notar que os variados desafios percebidos para o trabalho e a formação docente estão relacionados, principalmente, com a necessidade de engajamento, de disponibilidade de tempo, de compreensão do novo, de valorização da docência, de pensar na coletividade docente, de estabelecer uma avaliação de resultados sobre as práticas docentes e de apoio institucional. Nota-se que estes desafios dialogam com os principais aspectos discutidos pelos apresentadores da SD, que envolvem a fragmentação do ensino e o processo de avaliação da aprendizagem. Uma prática docente integrada e em diálogo com diferentes áreas do saber e uma proposta de avaliação

da aprendizagem mais flexível e diversificada dependem da superação de um modelo de formação e trabalho individualista e tecnicista.

Entretanto, também foi possível relacionar algumas possibilidades de ação que poderiam auxiliar a quebrar as barreiras que estão sendo constatadas pelos professores de diferentes IES e regiões do país, entre elas, as ações já estão em curso na UFSCar e no Cefet/RJ, que contribuem para a implementação efetiva de novas práticas de ensino e para o trabalho docente colaborativo baseado em ensino-pesquisa.

Deste modo, a partir de um pensar coletivo, este material contribui com o campo de pesquisa em Educação em Engenharia, Ciências e Tecnologia ao promover um diálogo sobre os diferentes contextos de trabalho e formação docente e ao compartilhar experiências e boas práticas que podem ser ampliadas e servir de inspiração para outras instituições.

REFERÊNCIAS

ASSUMPCAO, G. S.; CASTRO, A. C.; CHRISPINO, A. Políticas Públicas em Educação Superior a Distância – Um estudo sobre a experiência do Consórcio Cederj. **Ensaio: aval.pol.públ.Educ.**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 99, p. 445-470, 2018.

ASSUMPCÃO, G. S.; SANTOS, C. M.; CASTRO, A. C. The Transition From the Conventional Classroom to Remote Teaching: How to Improve Online Practices. In: SILVA, S.; PERES, P.; SILVA, C. (Org.). **Developing Curriculum for Emergency Remote Learning Environments**. Hershey: IGI Global, 2023, p. 62-88.

BERTOLIN, J.; MCCOWAN, T.; BITTENCOURT, H. R. Expansion of the Distance Modality in Brazilian Higher Education: Implications for quality and equity. **Higher Education Policy**, p.1-19, 2021.

BIELSCHOWSKY, C. E. Qualidade na educação superior a distância no Brasil: onde estamos, para onde vamos? **EaD em Foco**, Rio de Janeiro. V.8, n.1, 2018.

BOUD, D.; FALCHIKOV, N. **Rethinking assessment in higher education: learning for the longer term**. London: Routledge, 2007.

BRASIL. **Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 21 nov. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 5.622, de 19 de dezembro de 2005**. Regulamenta o art.80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2005.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). **Portaria nº 76 de 14 de abril de 2010**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 31-32, 2010.

BRASIL. **Decreto 9.057, de 25 de maio de 2017**. Regulamenta o art. 80 da Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 2017. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Seção 1, p. 3, Brasília, DF, 26 mai. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CES 01/2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia. Diário Oficial da União: seção 1, 109, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 12.456, de 19 de maio de 2025**. Dispõe sobre a oferta de educação a distância por instituições de educação [...]. Brasília, DF, 19 de maio de 2025a.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria nº 378, de 19 de maio de 2025**. Dispõe sobre os formatos de oferta dos cursos superiores de graduação. Brasília, DF, 19 de maio de 2025b.

BRASIL. Ministério da Educação. **Referenciais de Qualidade de Cursos de Graduação com Oferta a distância/2025**. Brasília, DF, 2025c.

CASTRO, A. C.; SANTOS, C. M.; ASSUMPCÃO, G. S. **Convers@s com quem gosta de ensinar na vibe das tecnologias digitais**. 1. ed. Rio de Janeiro: FAPERJ/ABENGE/Oficina de Livros, 126p, 2023.

COSTA, L. A. Avaliação da aprendizagem em cursos de Engenharia: perspectivas formativas, avaliação por pares e autoavaliação. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DEMO, P. **Pesquisa: Princípio científico e educativo**. 14^a ed. São Paulo: Cortez, 2011

EICHEVERRÍA, A.; GONÇALVES, C. A construção da interdisciplinaridade a partir da aproximação entre Engenharia Civil e o ensino de Ciências em um núcleo de pesquisa. **VIII Congresso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias**, 2009.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Campinas: Papirus, 2002.

FERREIRA, D. M.; NACARATO, A. M. De engenheiro-professor a professor de engenharia: A docência em (trans)formação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 19, 2024.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **The Future of Jobs Report 2025: The jobs of the future – and the skills you need to get them**. Genebra: World Economic Forum, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2025/01/future-of-jobs-report-2025-jobs-of-the-future-and-the-skills-you-need-to-get-them/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

GARCIA, R. P. M. **Avaliação da aprendizagem na educação a distância na perspectiva comunicacional**. Cruz das Almas: UFRB, 2013.

GARCIA, L. T. D.; SANTOS, J. B.; ASSUMPÇÃO, G. S.; SANTOS, C. M.; CASTRO, A. C. Cursos de engenharia a distância e a pandemia de Covid-19: Uma análise comparativa dos anos de 2019 e 2020 no Brasil. In: **L Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Anais[...], 2022.

INEP. **Censo da Educação Superior 2023 - Divulgação de Resultados**. INEP, 2024.

IRIBARRY, I. N. Aproximações sobre a Transdisciplinaridade: algumas linhas históricas, fundamentos e princípios aplicados ao trabalho de equipe. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 3, p. 483-490, 2003.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LIMA, J. O. G. de; LEITE, L. R. O estágio de docência como instrumento formativo do pós-graduando: um relato de experiência. **Rev. bras. Estud. pedagog.**, v. 100, n. 256, 2019.

LUDOVICO, F. M. *et al.* **A tecnologia de comunicação digital na formação inicial de professores: concepções, práticas e controvérsias**. Organon, 2020.

MAGGESSI, K. M. F. *et al.* Interdisciplinaridade e inovação no ensino de Engenharia Civil. **Conhecimento & Diversidade**, v. 13, n. 30, p. 45–63, 2021.

MASSETO, M. T. **Docência no ensino superior**. São Paulo: Papyrus, 2015.

MOLISANI, A. L. Evolução do perfil didático-pedagógico do professor-engenheiro. **Educ.Pesqui.**, v. 43, n. 2, 2017.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2015.

MORAN, J. M. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: Moran, J. M. **A educação que desejamos**. Papyrus, 2018.

NICOLESCU, B. **Manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: TRIOM, 1999.

NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 2002.

NÓVOA, A. Entrecruzamentos: formação de professores e profissão docente. **Educação & Sociedade**, 2022.

PARMELEE, D.; MICHAELSEN, L. K.; COOK, S.; HUDES, P. D. Team-Based Learning: A practical guide: AMEE Guide no65. **Medical Teacher**, 34:5, e275-e287, 2012. DOI: 10.3109/0142159X.2012.651179

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. G. C. **Docência no ensino superior**. São Paulo: Cortez, 2014.

PIMENTEL, M.; CARVALHO, F. S. P. **Princípios da educação online: Para sua aula não fica massiva nem maçante!** SBC Horizontes, 2020. Disponível em: <http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/05/principios-educacao-online/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

PINHEIRO, *et. al.* Estágio em docência no Mestrado e entraves dos engenheiros em executar o processo pedagógico de ensino: uma revisão de literatura. **Revista Práxis**, v. 15, n. 29, 2023.

RAMALHO, C. M. R. Sociodrama and role-play: theories and interventions. **Revista Brasileira de Psicodrama**, v. 29, n. 1, 2021.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SANTOS, C. M.; ASSUMPÇÃO, G. S.; CASTRO, A. C. Dispositivos educacionais, tecnologias digitais e os desafios do cenário de transição para um ensino híbrido nas engenharias. **Humanidades & Inovação**, v. 9, n. 26, 2022.

SANTOS, C. M.; ASSUMPÇÃO, G. S.; CASTRO, A. C. Educação em Engenharia em Contexto não Presencial: Podcasts, Aprendizagem Ativa e a Abordagem da Educação Online. **EAD EM FOCO**, v. 14, p. 01, 2024

SEVERINO, A. J. Da docência no ensino superior: condições e exigências. **Revista Comunicações**, v. 20, n. 1, p. 43-52, 2013.

TURRIONI, A. M. S. **Aprendizagem ativa em um curso de Engenharia de Produção: percepções dos docentes e discentes e mudanças curriculares**. 2017. (Tese) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017.

UNESCO. **ICT Competency Framework for Teachers**. 2011. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000213475>. Acesso em 04 nov. 2019.

CAPÍTULO 4

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA: EXPERIÊNCIAS, RESULTADOS E PERSPECTIVAS

Octavio Mattasoglio Neto - Coordenador
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

José Aquiles Baesso Grimoni - Coordenador
Escola Politécnicas da Universidade de São Paulo (USP)

Anarosa Alves Franco Brandão
Escola Politécnicas da Universidade de São Paulo (USP)

Armando Zanone
Everaldo Pereira
Vinícius da Silva Carvalho
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

Arthur Land Oliveira
Rogério Bastos Quirino
Universidade do Estado de Mato Grosso/CET (UNEMAT)

Gilmar Barreto
Universidade Estadual de Campinas – FEEC (UNICAMP)

Luciano Andreatta Carvalho da Costa
Luís Eduardo Primaz
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	120
2	FUNDAMENTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DA APRENDIZAGEM.....	121
	2.1 IA Generativa e suas implicações para o ensino de Engenharia	122
	2.2 IA generativa, aprendizagem humana e mediação cognitiva	123
	2.3 Evolução das perspectivas educacionais diante da IA Generativa	123
	2.4 O papel do professor em cursos de Engenharia na era da IA.....	124
	2.5 Para uma integração crítica e inovadora da IA no ensino de Engenharia	125
3	METODOLOGIA NA CONSTRUÇÃO DO CAPÍTULO	125
4	A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA – RELATOS DAS CONTRIBUIÇÕES	126
	4.1 Experiência do uso da IA no ensino de Engenharia - Estudo da teoria de Controle Linear na UNEMAT	127
	4.2 O uso de ferramentas de IA no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP	129
	4.3 Percepções e usos da IA por docentes e discentes de Engenharia no Instituto Mauá de Tecnologia	133
	4.4 O papel do professor de Engenharia na era da IA – Pesquisa conduzida na UERGS	135
5	PERSPECTIVAS DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA.....	137
	5.1 Estratégias institucionais visando a implementação da IA..	137

5.2 Transformações no processo de ensino-aprendizagem com o uso da IA.....	138
5.3 Formação docente para o trabalho com a IA	139
5.4 Desafios epistemológicos decorrentes do uso da IA	140
5.5 Desafios históricos: da escrita e da calculadora à Inteligência Artificial	141
5.6 Desafios éticos e de avaliação no contexto da aprendizagem utilizando a IA.....	141
5.7 A nova didática no ensino de Engenharia em tempos de IA.....	142
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
REFERÊNCIAS.....	143

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA: EXPERIÊNCIAS, RESULTADOS E PERSPECTIVAS

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a Inteligência Artificial (IA) consolidou-se como uma das tecnologias mais inovadoras do século XXI, influenciando de modo decisivo diferentes setores da sociedade. Na educação superior, e particularmente no ensino de Engenharia, seu impacto tornou-se ainda mais evidente com a consolidação dos Modelos de Linguagem de Larga Escala (*Large Language Model - LLM*), como o ChatGPT, Bard, Claude e outros sistemas generativos capazes de produzir textos, resolver problemas técnicos, sintetizar dados e interagir em linguagem natural (Chen, Chen e Lin, 2020; Tapalova e Zhiyenbayeva, 2022). A popularização dessas ferramentas gerou novas condições pedagógicas, metodológicas e epistêmicas que desafiam professores, pesquisadores e instituições a repensarem a natureza dos processos de ensino e aprendizagem.

A IA não pode ser compreendida como mera “ferramenta digital”, pois opera como tecnologia cognitiva que reconfigura práticas, desloca rotinas e redefine papéis na dinâmica educacional (Bozkurt *et al.*, 2021). No campo da Engenharia, essa transformação é ainda mais significativa pois além de apoiar tarefas clássicas como análise de dados, simulações, modelagem, relatórios técnicos e resolução algorítmica, a IA passa a influenciar o modo de pensar, de projetar e de resolver problemas, elementos centrais da formação do engenheiro contemporâneo.

A incorporação acelerada da IA generativa pelos estudantes está ocorrendo antes do domínio docente ou institucional. Pesquisas recentes mostram que alunos utilizam essas tecnologias para resolver exercícios, produzir textos, revisar códigos, esclarecer dúvidas técnicas e apoiar estudos autônomos (Jereb e Urh, 2024; Zhou, Zhang e Chan, 2024). Embora tal uso aumente a motivação e a percepção de aprendizagem, seu impacto direto no desempenho acadêmico ainda é limitado e depende fortemente de orientação pedagógica qualificada (Smerdon, 2024). Entre os docentes, a adoção ocorre de modo mais cauteloso: embora reconheçam o potencial, grande parte relata insegurança metodológica, falta de formação específica e dúvidas éticas e institucionais (Luckin e Cukurova, 2019; Hamal *et al.*, 2022). Esse descompasso, com estudantes avançando no uso, professores hesitando

quanto às diretrizes, cria uma assimetria que exige respostas de políticas institucionais, programas estruturados de letramento digital crítico e iniciativas de formação docente.

No ensino de Engenharia, essas tensões assumem uma dimensão estratégica: trata-se de uma área historicamente ligada à inovação tecnológica, à experimentação e ao desenvolvimento de soluções para problemas complexos. Por isso, é esperado que cursos e instituições de Engenharia protagonizem o debate e a aplicação ética, criativa e crítica das tecnologias de IA, garantindo que tais recursos fortaleçam, e não substituam, processos formativos essenciais. Como destaca a UNESCO (2023), o uso responsável de IA na educação deve estar alinhado a princípios de equidade, transparência, qualidade e centralidade humana, assegurando que a tecnologia amplie oportunidades e não produza novas desigualdades.

Este capítulo apresenta reflexões, análises e experiências acerca do uso da IA Generativa no Ensino de Engenharia, buscando compreender seus impactos, desafios e potencialidades. Com base na articulação entre literatura científica, contribuições dos colaboradores e resultados obtidos durante as discussões na Sessão Dirigida, o capítulo discute como a IA tem redefinido práticas pedagógicas, quais transformações afetam o perfil e as competências docentes e como essas tecnologias podem contribuir para uma formação em Engenharia ética, crítica, inovadora e socialmente relevante.

2 FUNDAMENTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DA APRENDIZAGEM

A trajetória da IA como campo científico tem início formal em 1956, com o Projeto de Pesquisa de Verão do *Dartmouth College*, ocasião em que o termo foi utilizado para se referir a sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que demandariam inteligência humana (Stuart e Norvig, 2022). Desde então, o campo evoluiu em duas grandes tradições: a IA simbólica, baseada em lógica, regras e sistemas especialistas, e a IA conexionista, inspirada nos processos biológicos do cérebro, cuja expansão deu origem às redes neurais artificiais e posteriormente às arquiteturas de aprendizado profundo (*deep learning*). Ambas as vertentes contribuíram para o desenvolvimento dos sistemas contemporâneos, caracterizados por capacidades de generalização, raciocínio probabilístico e processamento avançado de linguagem natural.

O amadurecimento desses paradigmas, aliado ao aumento exponencial da capacidade computacional e à disponibilidade de grandes volumes de dados, levou ao surgimento dos LLM. Esses modelos, baseados em técnicas avançadas de deep learning, sustentam a atual geração de sistemas de IA generativa capazes de produzir textos, códigos, simulações e análises de maneira contextualizada. A entrada desses sistemas no cotidiano educacional e profissional foi rápida e ampla, impulsionada por grandes empresas de tecnologia e pela popularização de interfaces acessíveis aos usuários finais.

2.1 IA Generativa e suas implicações para o ensino de Engenharia

Nas últimas décadas a aplicação da IA na educação avançou sobretudo em áreas como sistemas tutores inteligentes, plataformas adaptativas e ferramentas de análise de aprendizagem (Ahmad et al., 2024; Zawacki-Richter et al., 2019). Entretanto, a IA generativa alterou profundamente esse cenário por oferecer acesso imediato e personalizado a explicações, soluções técnicas, representações e feedbacks contínuos.

No ensino de Engenharia, essas tecnologias têm sido utilizadas para:

- resolução de exercícios complexos em disciplinas como cálculo, física, controle, programação e eletrônica;
- análise e visualização de dados de experimentos;
- modelagem matemática assistida;
- elaboração de documentos técnicos, relatórios, códigos e diagramas;
- simulações computacionais;
- apoio a projetos integradores, TCCs e atividades de design de engenharia.

Esse conjunto de possibilidades reforça que a IA não se limita a auxiliar tarefas operacionais, mas se torna parte do ecossistema cognitivo do estudante, promovendo novos modos de formular problemas, testar hipóteses, validar resultados e estruturar soluções.

Contudo, tais potencialidades convivem com desafios: uso superficial e assistemático, dependência tecnológica, risco de desinformação técnica, vieses nos dados, questões de privacidade, desigualdade de acesso e transformações nas noções de autoria e avaliação (Klimova, Pikhart e Kacetl, 2023; Pierrès *et al.*, 2024). Esses desafios tornam imprescindível discutir não apenas as funcionalidades da

IA, mas também os seus fundamentos e suas relações com epistemologias de aprendizagem.

2.2 IA generativa, aprendizagem humana e mediação cognitiva

A emergência da IA generativa convida a uma revisão crítica das principais teorias de aprendizagem do século XX e de como elas se articulam com novas formas de mediação tecnológica.

Vygotsky e a mediação ampliada pela IA

Vygotsky (1978) afirma que o desenvolvimento humano ocorre por meio da interação social mediada culturalmente, definindo a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como a distância entre o que o estudante consegue fazer sozinho e o que pode realizar com auxílio de um mediador. Tradicionalmente, esse mediador é o professor ou um colega mais experiente. Com a IA generativa, surge um novo tipo de mediador: um artefato algorítmico capaz de ajustar respostas ao nível de conhecimento do estudante, prover explicações passo a passo e oferecer novos problemas e representações.

Quando utilizada de forma crítica e orientada, a IA pode contribuir para ampliar a ZDP, mas jamais substitui a mediação humana, sobretudo nos aspectos éticos, reflexivos e epistêmicos.

Piaget, desequilíbrios cognitivos e reconfiguração de esquemas

Piaget (1976) concebe o aprendizado como resultado dos processos de assimilação e acomodação. Ao interagir com sistemas de IA, o estudante é frequentemente exposto a novos exemplos, contraexemplos, simulações e variações conceituais. Tais interações têm potencial de promover desequilíbrios cognitivos produtivos, levando à reorganização dos esquemas mentais. A IA, portanto, pode funcionar como um gatilho contínuo para acomodações mais complexas, desde que seu uso esteja inserido em práticas pedagógicas intencionais.

Ausubel e a aprendizagem significativa

Para Ausubel (1968), a aprendizagem é significativa quando novas informações podem se ancorar em estruturas cognitivas já constituídas. A IA favorece essa ancoragem ao apresentar conceitos por múltiplas vias com explicações textuais, visuais, matemáticas e heurísticas, facilitando conexões entre conhecimentos prévios e novos conteúdos.

2.3 Evolução das perspectivas educacionais diante da IA

Os modelos de ensino e aprendizagem desenvolvidos ao longo do século XX foram profundamente impactados pelo advento da Internet e,

agora, entram em uma nova etapa de transformação com a IA generativa. No ensino de Engenharia, isso implica:

No ensino de Engenharia, essas tecnologias têm sido utilizadas para:

- visitar práticas expositivas tradicionais;
- repensar atividades avaliativas baseadas apenas em produto e não em processo;
- favorecer projetos baseados em problemas reais, nos quais a IA é um recurso e não um substituto;
- desenvolver competências metacognitivas, éticas e socioemocionais;
- compreender a engenharia de prompts como nova habilidade de interação homem–máquina.

A “engenharia de prompt”, entendida como a construção de perguntas, instruções, parâmetros e estratégias de diálogo com sistemas generativos, torna-se central para formar engenheiros capazes de atuar em ecossistemas digitais avançados. A capacidade de formular bons prompts envolve pensamento crítico, clareza conceitual, domínio técnico e consciência ética.

2.4 O papel do professor em cursos de Engenharia na era da IA

A literatura recente evidencia que os sistemas de IA não substituem professores, mas reposicionam suas funções (Stuart e Norvig, 2022). No contexto da Engenharia, o docente passa a ser:

- designer de experiências de aprendizagem, estruturando desafios que a IA não resolve automaticamente;
- curador de conteúdos, selecionando informações fidedignas e tecnicamente corretas;
- mediador ético, orientando sobre uso responsável, autoria, transparência e confiabilidade;
- facilitador de processos investigativos, incentivando o estudante a validar, testar e depurar as sugestões da IA;
- desenvolvedor de competências profissionais, incluindo pensamento computacional, análise crítica e tomada de decisão.

Estudos empíricos reforçam essas transformações. Almusaed, Cortez e Almssad (2024) mostram que a IA Generativa pode tornar

estudantes mais autônomos e participativos, sobretudo quando aplicada a problemas reais de Engenharia. Prakasha, Sanskriti e Ishani (2024) destacam que estudantes percebem o ChatGPT como auxílio técnico, cognitivo e operacional, mas também apontam preocupações com plágio, uso indevido e superficialização do estudo. Nguyen (2024), ao analisar cursos de Engenharia Elétrica no Vietnã, conclui que adoção, facilidade de uso e interesse dos estudantes influenciam significativamente a eficácia do ensino, embora faltem pesquisas sobre efeitos de longo prazo.

2.5 Para uma integração crítica e inovadora da IA no ensino de Engenharia

A incorporação da IA na aprendizagem e no ensino de Engenharia exige que instituições desenvolvam políticas de apoio, formações continuadas e diretrizes pedagógicas que promovam:

- letramento digital crítico;
- segurança e privacidade de dados;
- equidade de acesso;
- desenvolvimento de metodologias ativas integradas à IA;
- avaliações híbridas, processuais e reflexivas;
- compreensão dos limites, riscos e vieses dos sistemas algorítmicos.

A Engenharia, por sua natureza interdisciplinar e tecnológica, tem condições privilegiadas para liderar essa transformação. Apropriar-se criticamente da IA entendendo seus princípios, alcances e limitações, é passo fundamental para formar profissionais capazes de inovar, projetar soluções e atuar de forma ética em um mundo cada vez mais mediado por sistemas inteligentes.

3 METODOLOGIA NA CONSTRUÇÃO DO CAPÍTULO

A elaboração deste capítulo resultou de um processo metodológico colaborativo, fundamentado na integração entre pesquisa, discussão coletiva e sistematização crítica das contribuições dos participantes da Sessão Dirigida (SD). O propósito central foi realizar uma reflexão consistente e representativa acerca do uso da IA no Ensino de Engenharia, articulando experiências práticas, posicionamentos teóricos e análises fundamentadas em referências atuais sobre o tema.

O trabalho desenvolveu-se em três etapas complementares.

Levantamento e organização das contribuições prévias.

Inicialmente, foram reunidas as informações oriundas dos estudos, textos de referência, experiências didáticas e relatos produzidos pelos grupos de colaboradores. Esse material foi analisado de forma exploratória, buscando identificar convergências, inquietações comuns e temas recorrentes que pudessem orientar a construção do capítulo.

Discussão coletiva durante a Sessão Dirigida.

Durante o encontro da SD no COBENGE 2025, as discussões foram conduzidas com base nos insights dos trabalhos dos colaboradores, que suscitaram questões norteadoras previamente definidas pelos coordenadores da sessão. Essas questões orientaram o debate sobre os impactos da IA no ensino de Engenharia, suas potencialidades, limites, implicações éticas e repercussões na formação docente. As conversas foram registradas em áudio, com consentimento dos participantes, de modo a garantir fidelidade na recuperação das contribuições.

Análise das transcrições e sistematização do conteúdo.

A etapa seguinte consistiu na transcrição, leitura analítica e categorização dos conteúdos debatidos. As manifestações foram agrupadas em eixos temáticos coerentes, permitindo identificar tendências, divergências, propostas e desafios emergentes. A sistematização buscou preservar a diversidade de perspectivas, ao mesmo tempo em que organizou as ideias em um conjunto lógico e articulado de argumentos. Essa análise orientou diretamente a redação da Seção 5, na qual se apresentam os conhecimentos produzidos com base nas pesquisas, experiências didáticas e reflexões coletivas.

A metodologia adotada, de natureza qualitativa e colaborativa, permitiu integrar diferentes manifestações, experiências e interpretações, produzindo um capítulo que expressa não apenas resultados acadêmicos, mas um processo dialógico de construção coletiva. Dessa forma, o texto reflete a complexidade do tema e evidencia a importância da participação ativa dos docentes e pesquisadores na compreensão dos impactos da IA na Educação em Engenharia.

4 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA – RELATOS DAS CONTRIBUIÇÕES

O número de pesquisas e relatos de experiências do uso da IA no ensino de engenharia tem crescido nos anos mais recentes. Cabe aqui incluir o relato de uma aplicação do uso da IA no ensino de engenharia,

dois relatos de duas pesquisas conduzidas com professores e estudantes de Engenharia e o relato de uma pesquisa sobre o papel de professores na era da IA.

4.1 Experiência do uso da IA no ensino de Engenharia - Estudo da teoria de Controle Linear na UNEMAT

Na Universidade do estado de Mato Grosso (Unemat), foi realizada uma experiência didática com o objetivo de investigar o uso da IA no ensino da disciplina de Controle Linear em Engenharia Elétrica. A pesquisa compara a utilização da literatura clássica de controle, que abordam técnicas PID e realimentação de estados por alocação de polos, com as respostas oferecidas pela plataforma ChatGPT.

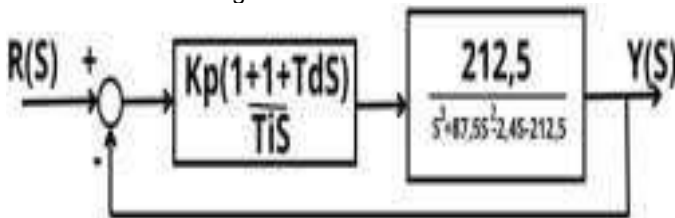
O estudo baseou-se no problema de controle de uma planta de levitação magnética de 3ª ordem, desenvolvida em laboratório (Laurentino, 2025), utilizada como parte experimental de um trabalho de conclusão de curso (TCC). O objetivo do controle era satisfazer requisitos de projeto de resposta transitória: tempo de acomodação de 0,2 s, com tolerância de $\pm 2\%$ e sobressinal de 30%.

O problema foi resolvido em duas abordagens clássicas, ambas baseadas na técnica de alocação de polos:

- 1 Resolução Clássica (Função de Transferência): Projeto de um Controlador PID.
- 2 Resolução Clássica (Espaço de Estado): Projeto de um Controlador via Realimentação de Estados.

O sistema de controle PID genérico utilizado é representado no diagrama de blocos da Figura 1:

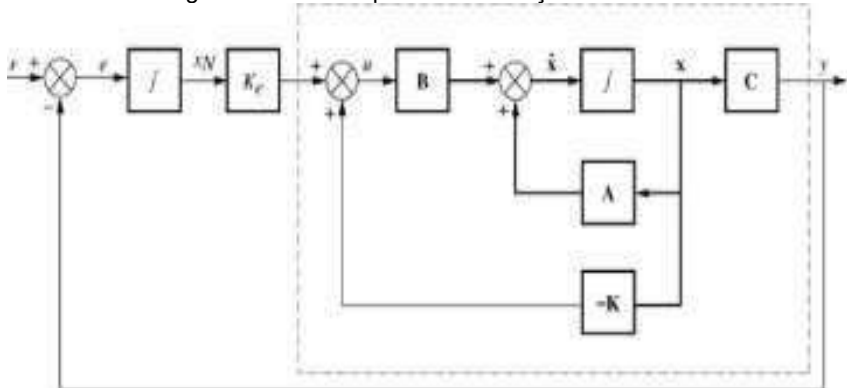
Figura 1 - O sistema de controle PID genérico utilizado é representado no diagrama de blocos abaixo



Fonte: Os autores

A configuração de controle em malha fechada por realimentação de estado é apresentada na Figura 3.

Figura 2 - Controle por Realimentação de Estado



Fonte: Os autores

O ChatGPT foi usado na análise para delinear o alcance e a eficiência dos cenários de perguntas e respostas da plataforma em relação às técnicas de controle. Na literatura clássica do tema, algumas obras suportam esse delineamento de sistemas (Castrucci, 2018); Geromel *et. al.*, 2019; Nise, 2017; Ogata, 2010).

As respostas que retornaram do ChatGPT eram didaticamente inconsistentes em relação à solução prática real. Não houve como retorno uma solução explícita para o modelo matemático da planta, mas sim encaminhamentos teóricos para a busca de soluções. Em detalhes pode-se dizer que a solução do ChatGPT teve:

- **Incongruência Teórica:** O ChatGPT afirmou que a realimentação de estados permite alocar polos "com muito mais liberdade e precisão", o que permite atender requisitos de resposta transitória (tempo de acomodação e sobressinal) "com maior eficácia". Essa afirmação é considerada "Completamente incongruente" com os resultados demonstrados nas simulações clássicas.
- **Limitações Práticas (IA):** A plataforma reconheceu que, na prática, exigir um tempo de acomodação pequeno força ganhos

K muito altos, o que leva a problemas como saturação do atuador, sensibilidade extrema e ruído amplificado.

- **Necessidade de Prática:** Ao perguntar se a realimentação de estados sempre permite satisfazer os requisitos, o ChatGPT respondeu "Não, nem sempre", fornecendo um exemplo descontextualizado e pouco aprofundado, o que demonstrou a necessidade de a instituição prover protótipos em laboratório para estudo aprofundado da teoria de controle.

Os dados levam a sugerir que, no futuro, a IA pode evoluir ao ponto de processar problemas matemáticos e técnicos complexos com maior consistência, desde que alimentada por descrições completas de modelos e condições de projeto.

Pode-se concluir que o ensino da teoria de controle deve buscar equilíbrio entre literatura clássica, experimentação prática em laboratório e uso crítico de ferramentas de IA ressaltando a necessidade de ambientes experimentais robustos para integrar teoria e prática.

A indicação é que há a necessidade de orientar alunos e professores para, no atual estágio das ferramentas de IA, não se afastarem da literatura clássica. Enquanto o aprofundamento na literatura clássica requer dedicação e discernimento, o universo das plataformas de IA, embora profundo, pode se tornar didaticamente confuso e inconsistente. É crucial prover laboratórios com experimentos práticos e ricos para que o uso das plataformas de IA seja efetivo, estabelecendo o "ponto quiescente" (equilíbrio) entre o conhecimento clássico e o disponibilizado pela IA.

Quirino *et. al.* (2023) aborda importantes casos experimentais desenvolvidos nas disciplinas de Sinais e Sistemas e Controle de Sistemas Lineares de cursos de engenharia no Brasil para subsidiar a discussão abrangente ao tema. Nesta referência, uma ferramenta de abstração à modelagem de avaliação de metodologias ativas é proposta e discutida. A proposição e análise de estudos de caso realizadas, subsidiam diretrizes à modelagem qualitativa de métodos de ensino baseadas na ferramenta de abstração desenvolvida.

4.2 O uso de ferramentas de IA no curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP

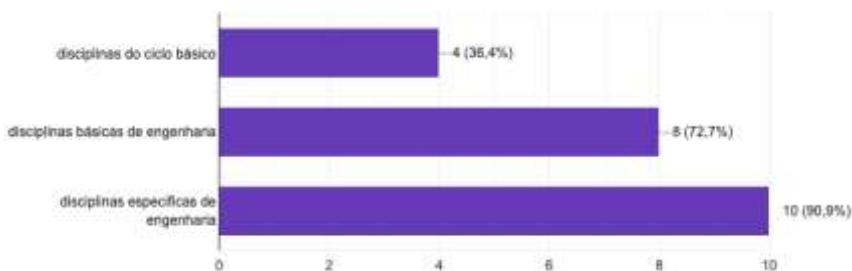
No curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP foi realizada uma pesquisa com docentes de três departamentos, buscando mapear práticas, percepções e desafios relacionados ao uso da

inteligência artificial no ensino. A pesquisa buscou especificamente levantar se o uso destas ferramentas está disseminado entre os professores, mapear as potências aplicações, identificar as ferramentas utilizadas e verificar se houve capacitação para seu uso. Além disso, esperava verificar se era possível identificar algum efeito positivo no processo de ensino e aprendizagem. Este levantamento propõe ações para capacitar os docentes e criar situações de troca de experiências, além de discutir questões éticas e a necessidade de regulamentação do uso da IA em cursos, pesquisa, extensão e gestão.

A pesquisa foi realizada utilizando um questionário simples e objetivo aplicado via e-mail a um corpo docente de três departamentos da Elétrica da POLI-USP: PSI - Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, PTC - Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle e PEA - Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. O questionário foi construído em formulários do Google (*Google Forms*).

A pesquisa obteve uma taxa de resposta de 10% dos docentes. A distribuição dos blocos de disciplinas ministradas pelos respondentes mostrou uma predominância de disciplinas específicas de engenharia (90,9%), o que caracteriza os anos mais avançados do curso, Figura 3.

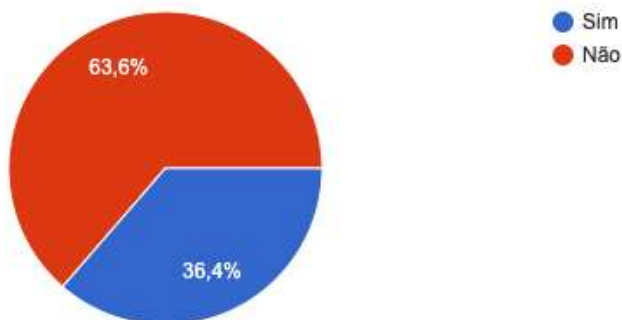
Figura 3 - Distribuição dos blocos de disciplinas nos quais se concentram as disciplinas ministradas pelos respondentes.



Fonte: Os autores

Quanto a capacitação em ferramentas de IA a maioria relata não ter recebido, como indicado na Figura 4.

Figura 4 - Distribuição da capacitação docente em ferramentas de inteligência artificial.

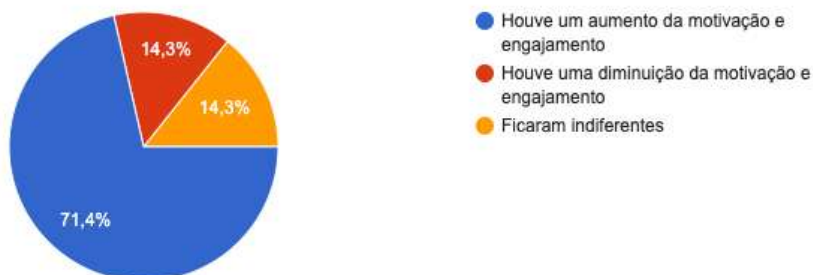


Fonte: Os autores

A maioria dos docentes que responderam à pesquisa utiliza ferramentas de inteligência artificial (aproximadamente 63,6% dos respondentes). As ferramentas de uso mais citadas foram: ChatGPT, DeepSeek, Perplexity.AI, Gemini, Grok, Copilot e NotebookLM. No entanto, a maioria (63,6%) relatou não ter tido capacitação sobre essas ferramentas.

A Figura 5 mostra a percepção do aumento da motivação e engajamento dos estudantes após o uso de ferramentas de IA.

Figura 5 - Aumento da motivação e engajamento dos estudantes após o uso de ferramentas de IA



Fonte: Os autores

Embora a maioria dos respondentes já utilize ferramentas como ChatGPT, Gemini e Copilot em atividades como preparação de materiais

didáticos, prototipagem de código, correção de relatórios e exercícios críticos com alunos, muitos relatam falta de capacitação formal, confiança limitada nos resultados e dificuldade em adaptar a tecnologia às disciplinas.

A maioria dos docentes (71,4%) percebeu um aumento da motivação e engajamento dos estudantes após o uso das ferramentas de IA.

Os usos das ferramentas de IA relatados pelos docentes incluíram:

- verificar como a IA responde a exercícios e testes computacionais (para obter um baseline e verificar uso exclusivo da IA pelos alunos).
- pedir aos alunos para criticar a resposta e o prompt de uma IA (para desenvolver o pensamento crítico, pois as ferramentas de IA falham para problemas conceituais e complexos).
- prototipagem de código (em *Matlab/Octave, Python*).
- interpretação de manuais técnicos (datasheets e relatórios).
- tradução de materiais técnicos.
- auxílio na correção de relatórios e provas, e na preparação de aulas (material didático, resumos, elaboração de exercícios e gabaritos).
- alguns relataram utilizar as ferramentas para "demonstrar como são inúteis".

Entre os docentes que não utilizam IA, as razões citadas foram a falta de costume/familiaridade, desconfiança nos resultados devido à frequência de "alucinações" ou resultados incorretos, e a dificuldade em pensar em atividades didaticamente interessantes.

Como resultado da reflexão, o artigo apoia as iniciativas propostas em uma carta escrita por docentes da USP em março de 2025, que incluem:

- implementar programas de formação continuada específicos para cada curso.
- criar um repositório centralizado de materiais didáticos e relatos de experiências sobre o uso da IA generativa.
- viabilizar o acesso a assinaturas de LLM, como ChatGPT e Gemini, e incentivar a adoção de LLM abertos.
- criar um órgão institucional para regulamentar, orientar e promover o uso ético e pedagógico da IA Generativa na USP.

O estudo destaca experiências inovadoras, como uso da IA para estimular pensamento crítico ao analisar prompts e respostas, além de aplicações em tradução técnica, interpretação de documentos e apoio ao ensino prático. Entre as barreiras, surgem desconfiança, ausência de formação e necessidade de regulamentação institucional clara.

Conclui que é essencial ampliar ações de capacitação docente, para atividades que fomentem a discussão e reflexão dos alunos sobre os resultados gerados pela IA, criar espaços de troca de experiências e estabelecer diretrizes de uso responsável e ético, de modo a potencializar os benefícios da IA no ensino, pesquisa e gestão acadêmica.

4.3 Percepções e usos da IA por docentes e discentes de Engenharia no Instituto Mauá de Tecnologia

Esta experiência teve como objetivo mapear as percepções, práticas, benefícios e desafios relacionados ao uso da IA no ensino superior em Engenharia no Instituto Mauá de Tecnologia. A investigação buscou identificar convergências e divergências na incorporação da tecnologia às práticas acadêmicas entre os dois grupos, além de reforçar a urgência de políticas institucionais que promovam formação crítica, ética digital e equidade.

Trata-se de um estudo exploratório utilizando uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa) e realizado com 74 professores e 21 estudantes de Engenharia. Ela buscou mapear percepções, práticas e desafios do uso da IA no ensino superior, revelando convergências e divergências entre os grupos.

Os resultados revelaram um cenário ambíguo, marcado por um descompasso entre docentes e discentes.

Percepções e práticas discentes

Os estudantes demonstraram uma adoção frequente e entusiasmada das ferramentas de IA, principalmente para compreender conceitos, resolver exercícios e elaborar relatórios, motivados pela economia de tempo. Das respostas cabe destacar:

- sete estudantes relataram uso diário, e dez recorrem às ferramentas sempre que encontram dificuldades. Apenas um declarou não utilizar a IA regularmente.
- o ChatGPT foi citado por todos os alunos com a IA mais utilizada, sendo seguido por Gemini, Copilot, Canva e Meta AI.

- as principais finalidades de uso foram explicação de conceitos teóricos (17 respostas), auxílio na resolução de exercícios (16) e redação de relatórios (14).
- a motivação mais citada foi a economia de tempo (17 alunos).
- como preocupação pelo uso da IA, a maioria reconheceu o impacto positivo no aprendizado. Contudo, 15 estudantes destacaram a privacidade de dados como risco real, embora 14 admitissem nunca ter lido os termos de uso. A questão da equidade também surgiu, com 7 estudantes sentindo-se em desvantagem por não terem acesso a versões pagas.

Percepções dos Docentes

Os docentes revelaram uma postura mais cautelosa, apontando lacunas de formação no uso da IA, barreiras institucionais e preocupações éticas, sobretudo com privacidade de dados e desigualdade de acesso. Para as respostas dos docentes destaca-se:

- a familiaridade com a IA foi baixa, com 60% afirmando ter pouco conhecimento e 35% nunca tendo utilizado a tecnologia.
- as barreiras mais mencionadas foram: falta de tempo (65%), infraestrutura inadequada (50%) e carência de conhecimento técnico (40%).
- o potencial mais valorizado foi a eficiência na correção de atividades e no feedback imediato (mencionado por mais de 70%).
- 85% declararam interesse em treinamentos institucionais.
- além disso, 75% defendem a regulamentação institucional para o uso da IA. A maioria (65%) enxerga a IA como ferramenta complementar, e 45% manifestaram receio de que a tecnologia reduza o papel humano do professor.

Os resultados evidenciam uma desconexão entre as expectativas e práticas. Enquanto os estudantes tratam a IA como um recurso essencial para a rotina acadêmica, os professores adotam uma postura mais prudente, defendendo a mediação humana.

Conclui-se que a integração responsável e humanizada da IA no ensino de Engenharia depende de:

Formação Contínua: Implementar programas de formação contínua para docentes e letramento digital para discentes, com ênfase em ética e uso crítico.

Regulamentação e Equidade: Criação de diretrizes institucionais claras para garantir equidade no acesso (visto que versões pagas geram desvantagem) e transparência no uso das ferramentas.

Valorização do Professor: O professor deve ser valorizado como mediador crítico, orientando o uso reflexivo da tecnologia, e não sendo substituído por ela, preservando a dimensão humana da aprendizagem.

De modo global a análise destacou benefícios como automação de tarefas, feedback imediato e apoio ao estudo autônomo, mas também riscos de superficialidade, criação de dependência tecnológica e fragilização da interação professor-aluno.

O estudo conclui que a integração da IA na Engenharia não depende apenas da adoção tecnológica, mas sobretudo da capacidade de construir práticas pedagógicas e institucionais que assegurem equidade, formação crítica e ética digital, reforçando o papel do professor como mediador essencial no uso pedagógico responsável da tecnologia.

4.4 O papel do professor de Engenharia na era da IA – Pesquisa conduzida na UERGS

Esta experiência teve como objetivo avaliar o impacto da IA na formação do professor da área da Engenharia, analisando os desafios e as potencialidades que surgem dessa intersecção. A proposta do estudo foi oferecer subsídios para repensar a educação em Engenharia na era digital, valorizando a integração entre as práticas docentes e os recursos de IA. O trabalho busca compreender como a formação docente, as políticas institucionais e as práticas pedagógicas podem se reconfigurar para garantir uma educação em engenharia que seja crítica, ética e tecnologicamente pertinente.

O estudo baseia-se na sistematização de pesquisa proposta por Gil (2019) e adota uma abordagem qualitativa com método dialético. O procedimento realizado foi um estudo de campo, que busca o aprofundamento das questões propostas em vez da distribuição das características da população. A coleta de dados foi realizada através das discussões e reflexões proporcionadas em um encontro virtual com um Grupo Focal com três componentes, (E1, E2, E3), sendo uma engenheira civil/doutora em educação, um engenheiro electricista/mestre em Engenharia Elétrica e um engenheiro civil/mestre em Matemática, todos atuantes em cursos técnico e superior na rede federal de educação.

Os resultados trazem indicações em quatro dimensões:

Reconfiguração do Papel Docente - Houve convergência no entendimento de que a IA desloca o professor da função de transmissor de conteúdo para a de curador, mediador e designer de experiências. O novo papel docente enfatiza o pensamento crítico, a formulação de problemas e a validação de saídas algorítmicas. Os participantes destacaram a necessidade de diferenciar autoria discente de coautoria com IA e priorizar metas de aprendizagem que desenvolvam o raciocínio de engenharia e a tomada de decisão.

Estratégias Didáticas e de Avaliação Mediadas por IA - O uso de IA relatado pelos docentes inclui a geração de protótipos de código ou cálculo como ponto de partida para refinamento, simulações de cenários e rubricas que avaliam o processo (como *prompting*, verificação e documentação), além do produto final. Novos formatos de avaliação sugeridos incluem diários de engenharia, defesas orais com auditoria de *prompts* e tarefas com "IA obrigatória" seguidas de validação manual.

Implicações Éticas, Segurança e Políticas Institucionais - Os professores apontaram tensões entre a conveniência da IA e a governança de dados, mencionando riscos como o vazamento de informações sensíveis, opacidade dos modelos e viés algorítmico. Eles sugeriram diretrizes institucionais mínimas, como: consentimento informado para o uso de IA, regras de privacidade, e políticas de transparência em avaliações.

Desenvolvimento Profissional e Formação Continuada - Existe um consenso sobre a necessidade de formação docente estruturada, com trilhas que abordem fundamentos de IA, engenharia de *prompts*, ética e limitações técnicas. A adoção sustentável da IA exige comunidades de prática, materiais de referência contextualizados e suporte institucional para experimentação segura.

Os resultados indicam que a IA não substitui o professor, mas reconfigura seu trabalho, aumentando as demandas de mediação ética, epistêmica e avaliativa. A IA pode potencializar o ensino, ampliar a autonomia discente e favorecer práticas inovadoras.

O professor deve atuar como figura central na governança do uso da IA garantindo que sua implementação respeite princípios de equidade, inclusão e justiça social. A formação docente precisa ir além do domínio técnico, incorporando fundamentos de ciência de dados, pensamento computacional e literacia digital crítica. A formação deve envolver tanto capacitação técnica quanto formação humanista, para lidar com as implicações sociotécnicas da IA. O professor de engenharia precisa ser

um agente duplo: formador de futuros profissionais capazes de projetar sistemas inteligentes e educador consciente dos limites e riscos dessa tecnologia.

Como analogia o professor, na Era da IA, deixa de ser o "detentor do mapa" (transmissor de conteúdo) para se tornar o "guia de bússola" (mediador e curador), ensinando os alunos a validarem o caminho traçado pela tecnologia (mapa digital) para garantir que cheguem ao destino de forma segura, ética e crítica.

5 PERSPECTIVAS DA INTRODUÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE ENGENHARIA

A discussão realizada na Sessão Dirigida colocou em evidência pontos que sintetizam as preocupações e potencialidades do uso da Inteligência Artificial (IA) no ensino de Engenharia. Além disso surgiram informações sobre novas experiências de uso da IA confirmando a fertilidade do uso dessas ferramentas.

Como apresentado na parte inicial deste capítulo, a incorporação da IA no ensino de Engenharia deve ser compreendida como um fenômeno que vai além do plano técnico, atingindo dimensões pedagógicas, epistemológicas e institucionais. Diferentes autores têm destacado que o impacto das tecnologias digitais na educação não decorre automaticamente de sua disponibilidade, mas da forma como são integradas aos processos de ensino-aprendizagem, mediadas por concepções pedagógicas consistentes e por políticas institucionais objetivas (Smerdon, 2023; Selwyn, 2016; Moran, 2015). É nesse enquadramento que se insere a análise das experiências e reflexões que emergiram da Sessão Dirigida realizada durante o COBENGE 2025, cujo conteúdo permite concretizar, no plano empírico, os argumentos teóricos anteriormente desenvolvidos e destacados na sequência.

5.1 As estratégias institucionais visando a implementação da IA

As experiências relatadas indicam que a adoção da IA no ensino de Engenharia tende a produzir efeitos mais consistentes quando ocorre de forma institucionalizada, e não apenas como iniciativa individual de docentes. A criação de políticas específicas, grupos de trabalho dedicados e diretrizes para formação docente vai ao encontro do que traz literatura (Luckin e Cukurova, 2019; Hamal *et al.*, 2022) (Dobrovská, Vaněček e Yorulmaz, 2024) que enfatiza a necessidade de governança educacional frente às transformações digitais (Selwyn, 2016; UNESCO,

2023). O caso do Centro Universitário Fundação Santo André (CUFSA), ao estruturar uma política institucional de uso da IA e criar um grupo responsável por sua implementação, exemplifica essa perspectiva, reforçando a ideia de que a inovação pedagógica precisa estar ancorada em decisões institucionais e não apenas em experimentações isoladas.

A introdução de uma disciplina obrigatória de Inteligência Artificial no início dos cursos de Engenharia do CUFSA, materializa o argumento, apresentado na fundamentação teórica, de que o letramento em tecnologias digitais e algorítmicas deve ser compreendido como parte constitutiva da formação contemporânea (UNESCO, 2023; Ponte, 2020; Valente, 2019). Ao abordar não apenas aplicações técnicas, mas também limites, erros e implicações éticas da IA, uma disciplina com tal perspectiva contribui para uma formação crítica, alinhada à compreensão de que a tecnologia não é neutra e que seu uso exige discernimento profissional e responsabilidade social.

Outro exemplo é do Instituto Mauá de Tecnologia, que em fase de teste incorporou o StudyFetch em algumas disciplinas dos seus cursos de Engenharia. Essa ferramenta de IA permite que tanto professores como alunos insiram material na sua base de dados, que serão utilizados como suporte para respostas às consultas, elaboração de quizzes e podcasts, que servirão como base de consulta aos estudantes.

5.2 Transformações no processo de ensino-aprendizagem com o uso da IA

A presença da IA no ensino de Engenharia tem provocado transformações profundas no processo de ensino-aprendizagem, exigindo a revisão de modelos pedagógicos tradicionais. Um dos principais deslocamentos identificados refere-se à superação do paradigma conteudista, no qual o professor assume o papel central de transmissor de informações. Diante da facilidade com que os estudantes podem acessar conteúdos e referências por meio da IA, o foco pedagógico tende a migrar para a compreensão, a análise crítica e a discussão de resultados.

Nesse contexto, a IA é frequentemente percebida como um instrumento de ganho de tempo, tanto para professores quanto para alunos. Ao reduzir o tempo despendido na busca e organização de informações, abre-se espaço para o uso mais efetivo de metodologias ativas, como a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em problemas e a discussão orientada. Esse tempo pedagógico recuperado permite que o momento presencial seja mais intencional, centrado no diálogo, na problematização e na construção coletiva do conhecimento.

A tecnologia também tem se mostrado relevante como suporte em atividades práticas e projetos de engenharia, especialmente em situações em que o aluno enfrenta dificuldades fora do horário convencional de aula. Um exemplo apresentado na Sessão Dirigida indica que a IA pode auxiliar na identificação de possíveis causas de falhas em sistemas físicos ou projetos de máquinas, funcionando como um tutor auxiliar quando o professor não está disponível.

Entretanto, como também destacado os benefícios da IA não se realizam automaticamente. Um dos principais desafios refere-se ao risco de não aprendizagem, quando o estudante utiliza a tecnologia apenas como meio de obtenção de respostas prontas, sem leitura, reflexão ou apropriação conceitual. Esse fenômeno exige a revisão dos modelos tradicionais de avaliação, reforçando a necessidade de estratégias que valorizem processos, argumentação, justificativas técnicas e tomada de decisão, em alinhamento com o que a literatura denomina avaliação autêntica (Wiggins, 1998).

5.3 Formação docente para o trabalho com a IA

As discussões da Sessão Dirigida confirmam a tese de que a IA acelera o esgotamento de modelos de ensino centrados na transmissão de conteúdo. Diante da facilidade de acesso à informação, o papel do professor desloca-se para a mediação, a problematização e a análise crítica dos resultados produzidos pelos estudantes com o apoio da tecnologia. Com citado, esse deslocamento favorece a adoção de metodologias ativas e potencializa o uso do tempo presencial para atividades de maior densidade cognitiva, como debates, resolução de problemas complexos e análise de situações reais de engenharia, em consonância com o que defendem Moran (2015) e Valente (2019).

A formação do professor de Engenharia e a formação continuada de docentes, realizada de forma sistemática, deve se articular com esse novo cenário, que situam o professor como mediador central na integração das tecnologias ao ensino. O professor deve ser preparado para recuperar o papel de quem dialoga, conversa e faz a mediação para a construção do conhecimento. Nesse sentido o uso da IA coloca o papel humano do professor como ponto de destaque, indo na contramão da desumanização. Sem esse papel do professor, o risco que se corre é deixar o estudante à mercê da máquina e, por falta de senso crítico, tornar-se presa fácil para aceitar e reproduzir a alucinação da IA.

Na definição de estratégias, o professor deve ser estimulado a repensar suas aulas, a forma de apresentação de conteúdos, seus instrumentos de avaliação, enfim o processo de aprendizagem como um

todo. Aulas dedicadas à apresentação de conteúdo podem ter seu tempo reduzido como o uso da IA criando a oportunidade para a discussão de resultados e à busca de otimização desses resultados, visando alcançar um nível mais alto do conhecimento, considerando-se a taxonomia de Bloom. O objetivo é ir além, buscar otimizar resultados e conclusões.

Para alcançar esse objetivo, os centros de formação e de capacitação de docentes devem reunir seus professores, identificar as novas competências necessárias para uso da IA e capacitá-los para esse novo cenário de ensino. Elementos simples, como aprender a alimentar sistemas de IA com seus próprios materiais didáticos, podem tornar os docentes preparados para utilizar essas ferramentas de modo contextualizado, reduzindo a dependência de respostas genéricas e reforçando a coerência entre objetivos de aprendizagem, conteúdos e avaliações.

5.4 Desafios epistemológicos decorrentes do uso da IA

Do ponto de vista epistemológico, as limitações atuais da IA, especialmente na resolução de problemas elementares de Engenharia, reforçam a necessidade de cautela em sua adoção. Relatos de dificuldades em áreas como resistência dos materiais corroboram a compreensão de que sistemas baseados em modelos probabilísticos carecem, em muitos casos, de rigor conceitual e domínio formal. Ignorar essa característica pode levar à aceitação acrítica de resultados equivocados. Tal constatação dialoga com as discussões apresentadas na parte inicial do capítulo sobre os limites da IA e a importância de não atribuir a essas tecnologias um estatuto epistemológico que elas ainda não possuem (Floridi *et al.*, 2018).

Essas limitações reforçam a compreensão de que a IA, apesar de seus avanços, permanece em um estágio de desenvolvimento que pode ser comparado à adolescência: escreve melhor, conecta informações com mais eficiência, mas ainda carece de profundidade conceitual e rigor técnico em diversos domínios específicos da Engenharia. Reconhecer essa falibilidade é essencial para evitar usos inadequados e expectativas irreais em relação à tecnologia.

A velocidade de produção proporcionada pela IA também impacta o trabalho docente, aumentando significativamente o volume de materiais a serem analisados e exigindo maior atenção à qualidade conceitual e à autoria dos textos.

Outro ponto debatido refere-se ao risco de homogeneização dos discursos acadêmicos, uma vez que as respostas geradas por modelos generalistas tendem a seguir padrões semelhantes. Embora técnicas de

elaboração de prompts possam mitigar esse efeito, a preocupação com a perda de diversidade argumentativa permanece relevante.

5.5 Desafios históricos: da escrita e da calculadora à Inteligência Artificial

O receio no uso da IA pode ser comparado com a invenção da escrita e o uso da calculadora, que, em diferentes momentos históricos, suscitaram preocupações semelhantes no campo educacional. Uma das analogias foi com a invenção da escrita. No diálogo Fedro, Platão expressou o receio de que a escrita enfraquecesse a capacidade de pensar e memorizar, uma vez que o conhecimento passaria a estar externalizado em textos. Essa comparação sugere que as inquietações atuais em relação à IA não são inéditas, mas fazem parte de um movimento recorrente de resistência e adaptação frente a novas tecnologias cognitivas.

A outra analogia foi com a introdução do uso da calculadora no ensino. Assim como ocorre hoje com a IA, houve um período em que se questionava sua legitimidade e confiabilidade. Com o tempo, a calculadora foi plenamente incorporada às práticas educacionais, a ponto de seu uso não ser mais questionado. A hipótese levantada é que a IA pode seguir trajetória semelhante, tornando-se uma ferramenta naturalizada no processo de ensino-aprendizagem.

5.6 Desafios éticos e de avaliação no contexto da aprendizagem utilizando a IA

A discussão sobre o uso da IA no ensino de Engenharia coloca em evidência que a avaliação deve ser repensada de modo profundo. Questões como o que é aprender e como se avalia a aprendizagem tem que ser revistas. Diante da facilidade de acesso a respostas prontas, os modelos tradicionais de avaliação, centrados apenas no produto final, são insuficientes e podem favorecer a não aprendizagem. Há a necessidade de se encontrar estratégias avaliativas que valorizem processos, argumentação, justificativas técnicas e tomada de decisão, em consonância, uma avaliação autêntica, reforçando o papel dessa avaliação como elemento formativo e não meramente classificatório.

Nesse contexto, a ética no trabalho com a IA surge como dimensão central do processo educativo. O uso acrítico da tecnologia pode levar à aceitação de respostas equivocadas, à homogeneização superficial dos discursos acadêmicos e à perda de autonomia intelectual dos estudantes. Reconhecer a falibilidade da IA, seus limites epistemológicos e seu caráter de sistema de apoio, que não substitui a formação do pensamento do engenheiro é fundamental para evitar usos inadequados e para

promover uma formação crítica, responsável e alinhada à responsabilidade social desse profissional.

Cabe ao professor formador do Engenheiro um papel mediador tanto na orientação ética quanto na redefinição das práticas avaliativas. Ao institucionalizar o uso da IA de forma pedagogicamente orientada, o docente contribui para uma avaliação mais coerente com os objetivos de aprendizagem e para um uso ético da tecnologia, fortalecendo o diálogo, a humanização do ensino e a centralidade da intervenção humana no processo educativo.

5.7 A nova didática no ensino de Engenharia em tempos de IA

Diante desse cenário, delinea-se a necessidade de uma nova didática no ensino de Engenharia, alinhada às características das novas gerações de estudantes e ao contexto tecnológico contemporâneo. Essa didática enfatiza o desenvolvimento da capacidade analítica, da interpretação de resultados e da argumentação, competências que não podem ser plenamente automatizadas.

A IA passa a assumir o papel de ferramenta de apoio, enquanto o professor se reposiciona como mediador, orientador e provocador intelectual. O diálogo, a conversa e a humanização do processo educativo emergem como elementos centrais, contrapondo-se à ideia de desumanização frequentemente associada ao uso intensivo de tecnologias digitais. Nesse sentido, a IA pode, paradoxalmente, contribuir para fortalecer a dimensão humana do ensino, ao liberar tempo para interações mais significativas entre professores e alunos.

A institucionalização do uso da IA, aliada ao letramento digital e à orientação ética, aparece como condição fundamental para que seus benefícios sejam efetivamente incorporados ao ensino de Engenharia. Modernizar materiais didáticos, rever estratégias pedagógicas e reconhecer os limites da tecnologia são passos essenciais para uma integração equilibrada e crítica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) no ensino de Engenharia vai para além do plano técnico, exigindo uma reconfiguração profunda das práticas pedagógicas, avaliativas e do compromisso institucional. Longe de substituir o trabalho docente, a IA redefine o papel do professor, que passa a atuar como mediador cognitivo e ético, responsável por orientar o uso crítico da tecnologia, promover a validação dos resultados e preservar a autonomia intelectual dos estudantes. A IA reafirma o

caráter humanizador da educação, apontando para o fortalecimento do papel do professor na relação humana educativa e de ser o ponto focal da construção do conhecimento pelos estudantes.

Nesse novo cenário, a avaliação autêntica assume centralidade estratégica. A facilidade de acesso a respostas automatizadas torna insuficientes os modelos avaliativos centrados exclusivamente no resultado final de provas e trabalhos, isso impõe a necessidade de adoção de avaliações autênticas, processuais e reflexivas. Valorizar a argumentação, a tomada de decisão, a justificativa técnica e o percurso de aprendizagem passa a ser condição essencial para evitar a não aprendizagem e garantir a formação efetiva do pensamento do estudante de engenharia.

Os resultados discutidos na sessão dirigida indicam que os benefícios da IA se consolidam de forma mais consistente quando sua adoção é institucionalizada. Políticas objetivas, formação docente continuada, diretrizes éticas e garantia de acesso igualitário são elementos indispensáveis para uma integração responsável, alinhando inovação tecnológica, qualidade acadêmica e responsabilidade social.

Concorrente às vantagens, o reconhecimento dos limites epistemológicos da IA é fundamental. As falhas observadas na resolução de problemas elementares de Engenharia reforçam que a tecnologia opera como sistema de apoio, e não como fonte autônoma de conhecimento. A natureza probabilística da IA e sua consequente falibilidade pode conduzir à aceitação acrítica de resultados equivocados, comprometendo a formação técnica e científica dos estudantes.

Todo esse cenário delinea uma nova didática no ensino de Engenharia, orientada pela humanização do processo educativo. A IA, quando integrada de modo crítico e ético, contribui para liberar tempo pedagógico, fortalecer o diálogo, aprofundar a reflexão e potencializar competências que não podem ser automatizadas. Assim, consolida-se uma formação em Engenharia que articula atualização tecnológica, rigor conceitual e centralidade humana, preparando profissionais capazes de atuar de forma crítica, responsável e inovadora em um mundo cada vez mais mediado por sistemas inteligentes.

REFERÊNCIAS

Ahmad, K.; Iqbal, W.; El-Hassan, A.; Qadir, J.; Benhaddou, D.; Ayyash, M.; Al-Fuqaha, A. Data-Driven Artificial Intelligence in Education: A Comprehensive Review. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 17, p. 12–31, 2024. ISSN: 2372-0050.

Almusaed, A.; Rico Cortez, M.; Almssad, A. Redefining Engineering Education: The Transformative Role of Generative AI Technologies. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 24, n. 1, p. 179–192, 2024. Acesso em: 28 jun. 2025.

Ausubel, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Bozkurt, A.; Karadeniz, A.; Baneres, D.; Guerrero-Roldán, A. E.; Rodríguez, M. E. Artificial Intelligence and Reflections from Educational Landscape: A Review of AI Studies in Half a Century. **Sustainability**, v. 13, p. 800, January 2021. ISSN: 2071-1050.

Castrucci, P. de L.; Bittar, A.; Sales, R. M. **Controle Automático**, 2ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788521635628. Acesso em: 23 mai. 2024.

Chen, L.; Chen, P.; Lin, Z. Artificial Intelligence in Education: A Review. **IEEE Access**, v. 8, p. 75264–75278, 2020. ISSN: 2169-3536.

Dobrovská, D.; Vaněček, D.; Yorulmaz, Y. I. Students' Attitudes towards AI in Teaching and Learning. **International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)**, v. 14, p. 88–106, December 2024. ISSN: 2192-4880.

Floridi, L.; Cowls, J.; Beltrametti, M.; Chatila, R.; Chazan, N.; Dignum, V.; Luetge, C.; Madelin, R.; Pagallo, U.; Rossi, F.; Schär, R.; Valcke, P.; Vayena, E. AI4People-An ethical framework for a good AI society: opportunities, risks, principles, and recommendations. **Minds and Machines**, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018. DOI: 10.1007/s11023-018-9482-5.

Geromel, J. C.; Korogui, R. H. **Controle linear de sistemas dinâmicos- Teoria, ensaios práticos e exercícios**. 2ª edição Ed. Blucher, 2019

Gil, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

Hamal, O.; El Faddouli, N.-E.; Harouni, M. H. A.; LU, J. Artificial Intelligent in Education. **Sustainability**, v. 14, p. 2862, March 2022. ISSN: 2071-1050.

Jereb, E.; Urh, M. The Use of Artificial Intelligence among Students in Higher Education. **Organizacija**, v. 57, p. 333–345, December 2024. ISSN: 1581-1832.

Klimova, B.; Pikhart, M.; Kacetyl, J. Ethical issues of the use of AI-driven mobile apps for education. **Frontiers in Public Health**, v. 10, January 2023. ISSN: 2296-2565.

Laurentino, S. de C. **Modelagem e Controle Linear de um Sistema de Levitação Magnética Implementado na Plataforma Matlab/Simulink e Bancada**. Trabalho de Conclusão de Curso. Junho de 2025. Curso de Engenharia Elétrica da Unemat (Campus Sinop/MT).

Luckin, R.; Cukurova, M. Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. **British Journal of Educational Technology**, v. 50, p. 2824–2838, July 2019. ISSN: 1467-8535.

Moran, J. M. Educação híbrida: um conceito-chave para a educação. In: Bacich, L.; Tanzi Neto, A.; Trevisani, F. de M. (org.). **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015. p. 27–45.

Nise, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**, 7ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788521634379. Acesso em: 23 mai. 2024.

Nguyen, T. H. The role of adoption, ease of use and teachers' experience of artificial intelligence on teaching effectiveness: Moderating role of student interest. **Journal of Pedagogical Research**, v. 8, n. 4, p. –, 2024. DOI: 10.33902/JPR.202428342. Acesso em: 28 jun. 2025.

Ogata, K. **Engenharia de controle moderno**, 5ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. E-book. ISBN 978-85-4301-375-6.

Piaget, J. **A Equilibração das Estruturas Cognitivas**: Problema Central do Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

Pierrès, O.; Christen, M.; Schmitt-Koopmann, F. M.; Darvishy, A. Could the Use of AI in Higher Education Hinder Students With Disabilities? A

Scoping Review. **IEEE Access**, v. 12, p. 27810–27828, 2024. ISSN: 2169-3536.

Ponte, J. P. da. Tecnologias digitais na formação de professores: desafios e possibilidades. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 1–20, 2020.

Prakasha, G. S.; Sanskriti, R.; Ishani, B. User Experiences of ChatGPT among Engineering Students, Teachers, and Working Professionals in India. **Journal of Educators Online**, v. 21, n. 2, 2024. Acesso em: 28 jun. 2025.

Quirino, R. B.; Barreto, G. Infrassomatização dos Algoritmos e Ambientes Computacionais ao Ensino, Educação e Empreendedorismo em Engenharia. 1ª edição, Ed. Dialética, 2023.

Selwyn, N. **Education and technology: key issues and debates**. 2. ed. London: Bloomsbury Academic, 2016.

Smerdon, D. AI in essay-based assessment: Student adoption, usage, and performance. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 7, p. 100288, December 2024. ISSN: 2666-920X.

Stuart, R. & Norvig, P. **Inteligência Artificial - Uma Abordagem Moderna**, Editora GEN LTC, 4a edição, 2022.

Tapalova, O.; Zhiyenbayeva, N. Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalised Learning Pathways. **Electronic Journal of e-Learning**, v. 20, p. 639–653, December 2022. ISSN: 1479-4403.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa**. 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241>. Acesso em: 28 jun. 2025.

Valente, J. A. **Metodologias ativas e tecnologias digitais**: reflexões e práticas. Campinas: Papirus, 2019.

Vygotsky, L. S. **Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

Wiggins, G. **Educative assessment: designing assessments to inform and improve student performance**. San Francisco: Jossey-Bass, 1998.

Zawacki-Richter, O.; Marín, V. I.; Bond, M.; Gouverneur, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 16, October 2019. ISSN: 2365-9440.

Zhou, X.; Zhang, J.; Chan, C. Unveiling Students' Experiences and Perceptions of Artificial Intelligence Usage in Higher Education. **Journal of University Teaching and Learning Practice**, v. 21, April 2024. ISSN: 1449-9789.

CAPÍTULO 5

REPENSAR AS BASES: POR UMA FORMAÇÃO BÁSICA AMPLIADA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Juliana Martins Philot - Coordenadora
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

Gabriel Loureiro de Lima - Coordenador
Pontifícia Universidade de São Paulo (PUC-SP)
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

Aryene Maria Pereira da Silva
James Washington Alves dos Santos
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

Barbara Lutaif Bianchini
Pontifícia Universidade de São Paulo (PUC-SP)

Elias Antunes dos Santos
Marcus Vinicius Araújo Damasceno
Marinez Cargnin-Stieler
Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Eloiza Gomes
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)

Ieda Maria Giongo
Márcia Jussara Hepp Rehfeldt
Marli Teresinha Quartieri
Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES)

Renata dos Santos
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Sergio Camargo
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	150
2	FUNDAMENTOS IDEOLÓGICOS E TEÓRICOS.....	154
3	COMPETÊNCIAS COMUNICACIONAIS COMO PARTE DOS DESAFIOS NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO.....	157
	3.1 A importância da escrita científica na formação do engenheiro.....	158
	3.2 Normas, padronização e conformidade na escrita científica e técnica.....	160
	3.3 Comunicação com públicos técnicos e não técnicos.....	162
	3.4 O que podemos apreender dessas reflexões	163
4	A DISCIPLINA DE SOCIOLOGIA DO TRABALHO EM CURSOS DE ENGENHARIA.....	164
	4.1 O ensino de Sociologia no curso de Engenharia Elétrica do IFAL...	165
	4.2 O ensino de Sociologia no curso de Engenharia Civil do IFAL e sua integração a projetos de pesquisa	169
	4.3 E que considerações podemos fazer a partir desses exemplos? ..	173
5	A SUSTENTABILIDADE COMO UM DOS EIXOS DIRETORES DA ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO.....	175
	5.1 Reflexões sobre sustentabilidade, interdisciplinaridade e o desenvolvimento de competências sociais	180
	5.2 A Matemática na Engenharia sob a perspectiva da Educação para a sustentabilidade e o emprego de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa.....	183
	5.3 Algumas palavras finais sobre a necessária articulação entre a formação básica do engenheiro e questões de sustentabilidade.....	191
6	POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DAS TAREFAS EXPLORATÓRIO-INVESTIGATIVAS EM UM COMPONENTE CURRICULAR DO PRIMEIRO SEMESTRE EM CURSOS DE ENGENHARIA	192
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	201
	REFERÊNCIAS.....	204

REPENSAR AS BASES: POR UMA FORMAÇÃO BÁSICA AMPLIADA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

É indiscutível que na contemporaneidade, particularmente nesta segunda década do século XXI, a humanidade tem enfrentado, em nível global, uma série de problemas desafiadores, como a proliferação de conflitos entre nações, a disseminação de diferentes vírus com potenciais de ocasionarem colapsos sanitários, uma série de incertezas políticas e econômicas, crises hídricas e energéticas, mudanças climáticas, poluição ambiental, dentre tantos outros.

Os engenheiros que formamos e iremos formar nos próximos anos desempenharão um papel fundamental no enfrentamento destes e de muitos outros problemas ainda mais desafiadores que, certamente, surgirão. Mas, como pontuam autores como Albuquerque (2024), Ferreira *et al.* (2024), Forcael, Garcés e Lantada (2023), Hazelrigg (2023), Kuznetsova (2024), Mejeras e Cazzola (2024) e Murthy e Page (2023), enfrentá-los e agir nestes contextos desafiadores exigirá muito mais do que conhecimentos técnicos específicos da Engenharia.

Torna-se, portanto, essencial formar engenheiros com formação básica cada vez mais sólida e diversificada com princípios éticos e com o conhecimento e as habilidades necessárias para lidar com ameaças sem precedentes e contextos extremamente complexos e instáveis. Revelam-se como fundamentais currículos de Engenharia que possam efetivamente auxiliar os estudantes no desenvolvimento de habilidades interdisciplinares e na compreensão contextual, de modo a tornarem-se engenheiros capazes de entender as necessidades de soluções tecnológicas e sustentáveis, já que, em seus cotidianos profissionais, precisarão colocar em prática ações que permitam, por exemplo, a redução das emissões de gases de efeito estufa; a remoção limpa ou a reutilização de resíduos, especialmente plásticos e outras substâncias não biodegradáveis; o fornecimento de água e de energia limpa e ambientalmente sustentável.

Revela-se, então, um primeiro aspecto primordial de ser considerado ao repensar a formação básica ofertada aos futuros engenheiros e que será foco de reflexão no presente capítulo: é imprescindível levar em consideração os preceitos da *Educação para o Desenvolvimento Sustentável* (EDS), os Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*, e o papel da Engenharia em suas consecuições. Ou seja, é preciso que na graduação em Engenharia e, conseqüentemente, na formação básica oferecida ao engenheiro, seja considerada a responsabilidade deste profissional na criação de um mundo mais sustentável, o que requer

um trabalho multidisciplinar, que permita transformar modelos mentais, de produção e de serviço em modelos sistêmicos de sustentabilidade, que permitam antecipar tendências locais, regionais e globais para tomar ações oportunas para garantir a sustentabilidade global. [...] (já que) os engenheiros têm a responsabilidade de promover estratégias éticas, alinhadas com a sustentabilidade, tornando as cadeias de suprimentos cada vez mais transparentes, projetando elementos e processos que façam uso sustentável e eficiente dos recursos energéticos, melhorando a qualidade de vida de todos os seres vivos (Pimenta *et al.*, 2025, p.3).

A questão da sustentabilidade é abordada na seção 5 do presente capítulo. Em primeiro lugar, na subseção 5.1, por meio do resgate de memórias de algumas práticas pedagógicas interdisciplinares e do Programa de Formação de Células Cooperativas (FOCCO) realizadas com acadêmicos de cursos de Engenharia em um campus da Universidade do Estado de Mato Grosso, são realizadas reflexões acerca da busca por uma “formação básica ampliada” nos cursos de Engenharia e a quem ela está direcionada, indagando se estamos realmente formando engenheiros comprometidos e engajados e, especialmente, se estamos atentos aos processos de construção das competências pelo estudante e de como ele se apropria dessas competências para atuar de modo alinhado aos ODS.

Já na subseção 5.2, a sustentabilidade é discutida de maneira articulada à Matemática e à Inteligência Artificial Generativa (IAG) por meio de uma reflexão acerca de como o emprego, pelo professor, de ferramentas de IAG, particularmente a versão gratuita do ChatGPT, para a elaboração de situações-problema a serem trabalhadas pelos estudantes de Engenharia nas aulas de Matemática pode contribuir para uma reorientação do ensino e da aprendizagem desta ciência em direção à EDS e ao desenvolvimento das competências para a sustentabilidade.

Uma possível estratégia metodológica para abordar a Matemática na Engenharia a partir desta perspectiva é recorrer às tarefas exploratório-investigativas, identificando e analisando suas potencialidades e limitações. Essa temática é objeto da seção 6 deste capítulo, sendo explorada a partir dos resultados do desenvolvimento de duas tarefas exploratório-investigativas no componente curricular Modelagem de Situações Dinâmicas, dirigido a estudantes do primeiro ano dos cursos de Engenharia de uma universidade comunitária gaúcha.

Mas, para além de tomar decisões sustentáveis e de saber trabalhar com tarefas de natureza exploratório-investigativas, o futuro engenheiro deve ser capaz de dominar a engenhosidade técnica e as soluções baseadas na ética, adaptadas a um ambiente em constante evolução, ao mesmo tempo em que opera fora de sua área, resolvendo problemas complexos (e desconhecidos) do futuro de forma criativa e que exigem respostas rápidas. Já não basta apenas fornecer formação científica e tecnológica atualizada aos estudantes, mas também é necessário articular as necessidades da sociedade com o planejamento dos currículos dos cursos de Engenharia e as expectativas das diferentes partes interessadas.

Emerge, portanto, um segundo aspecto a ser levado em conta nesse repensar na formação básica do futuro engenheiro que também será debatido neste capítulo: é primordial que os engenheiros do século XXI sejam proficientes em muitas habilidades, incluindo aquelas referentes às comunicações, às finanças e à economia, ao direito e à ética, à gestão, ao comportamento humano, aos fatores sociais e políticos, paralelamente aos aspectos técnicos, como habilidades de projetos.

Desse modo, torna-se urgente não apenas repensar o papel da formação básica do futuro engenheiro diante dos desafios globais que esses profissionais serão chamados a enfrentar, mas também, frente ao cenário simultaneamente desafiador e estimulante que se impõe à Educação em Engenharia, refletir sobre a necessidade de ampliar o escopo das Ciências tradicionalmente consideradas “Básicas” na formação inicial. Tal ampliação implica incorporar, de forma estruturada, saberes provenientes das Ciências Ambientais, Comportamentais, Econômicas, Humanas, da Linguagem, Políticas e Sociais, de modo a sustentar uma formação mais abrangente e alinhada às demandas contemporâneas.

Como ponto de partida para essa formação mais abrangente, o futuro engenheiro deve desenvolver a competência comunicativa, em especial a escrita científica, a qual ocupa papel central na qualidade da formação profissional, uma vez que a capacidade de expressar ideias de

forma clara, objetiva e de acordo com normas científicas e técnicas é essencial tanto para a disseminação do conhecimento quanto para a integração do engenheiro em equipes multidisciplinares. Neste capítulo, esse tema é objeto de estudo na seção 3, na qual, por meio de um estudo bibliográfico, são discutidos os principais desafios relacionados à produção escrita no campo da Engenharia, com ênfase na escrita científica e técnica.

Do mesmo modo que o desenvolvimento da competência comunicativa deveria assumir lugar de destaque na formação do futuro engenheiro, a Sociologia e, conseqüentemente, o desenvolvimento da capacidade de realizar eficientemente análises sociológicas não deveriam, de modo algum, ser considerados temas acessórios aos cursos, mas questões que estão na condição de elementos operadores da própria *expertise* das Engenharias. Neste capítulo, a discussão relativa à esta temática ganha destaque na seção 4, na qual, por meio de considerações acerca da posição curricular da disciplina Sociologia do Trabalho nos cursos de Engenharia Elétrica e Civil ofertados pelo Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Palmeira dos Índios, discute-se que, no contexto considerado, a Sociologia do Trabalho em nível disciplinar se inscreve como algo presente no currículo, mas que operacionalmente sofre com o seu deslocamento para a função de disciplina acessória aos cursos, sem que seus aportes teóricos e metodologias sejam concebidos também como subsídios da própria pesquisa na Engenharia.

A partir do cenário delineado nesta introdução, podemos afirmar, de forma sintética, que este capítulo tem por objetivo debater e, na medida do possível, propor alguns encaminhamentos acerca da relevância: da formação interdisciplinar frente às demandas contemporâneas da sociedade; da promoção do diálogo entre docentes de diferentes áreas do conhecimento envolvidos na formação do engenheiro; e da construção de propostas curriculares que fortaleçam a articulação entre as dimensões técnica e humanista na formação básica dos cursos de Engenharia. Espera-se, assim, que este capítulo contribua para fomentar uma reflexão crítica sobre a necessidade de repensar os fundamentos dessa formação, impulsionando a construção de currículos mais amplos, integradores e alinhados às exigências do contexto atual.

Mas, para darmos início às reflexões visadas, é fundamental explicitar os elementos que, dos pontos de vista ideológico e teórico, as fundamentam. Esse é nosso objetivo na próxima seção.

2 FUNDAMENTOS IDEOLÓGICOS E TEÓRICOS

Sob uma perspectiva ideológica, as reflexões objetivadas por meio deste capítulo justificam-se porque, como pontua Albuquerque (2024)

a análise crítica de contextos abrangentes, como os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, no âmbito dos cursos de Engenharia, exige uma abordagem que não desvincule a ciência e a tecnologia de uma visão humanista. Isso se deve ao fato da própria base científica ser resultado de uma construção humana interligada com o contexto sociológico. Para compreender essa relação, é imprescindível reexaminar a maneira como a ciência é aprendida, bem como estender essa reflexão à tecnologia. Esse processo de reavaliação envolve uma percepção mais profunda sobre o significado da ciência e tecnologia, e como ambas se relacionam com a sociedade, a vida humana e planetária (Albuquerque, 2024, p. 53).

Como pontuam Forcael, Garcés e Lantada (2023, p. 8), “futuros engenheiros são necessários não apenas como profissionais, mas também como cidadãos que buscam transformar a sociedade por meio de uma comunicação crítica e reflexiva”, o que, de acordo com os autores, traz a necessidade de, além de manter os cursos e currículos de Engenharia atualizados, incorporando tópicos e tecnologias mais avançadas como parte da Indústria 4.0¹, “mas incluir como o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia consideram o campo da ética e do humanismo como características cruciais de uma nova geração de engenheiros” (Forcael; Garcés; Lantada, 2023, p. 8). É preciso formar profissionais da Engenharia para atuar na Sociedade 5.0, conceito que, de acordo com Valiante Filho (2025, p. 49), “surtiu no Japão na mesma época dos ODS e tem como foco o ser humano, melhorando a qualidade de vida e o bem-estar individual e da sociedade”, sendo uma proposta de

¹ De acordo com Valiante Filho (2025, p. 29), “o termo Indústria 4.0” foi cunhado na Alemanha, por volta do ano 2010, como um planejamento estratégico de alta tecnologia para 2020. Com a disseminação do termo, o sufixo 4.0 acabou se tornando uma referência para a tecnologia do final da década de 2010 e começo da década de 2020. Educação 4.0 também tem sido usada nesse contexto”.

enfrentamento como problemas ambientais, falta de energia, desastres naturais etc.

Requer-se, portanto, uma filiação ideológica à Educação em Engenharia 5.0, paradigma educacional orientado à formação de engenheiros capazes de atuar em ecossistemas sociotécnicos complexos, nos quais a tecnologia avançada se articula à sustentabilidade, ao bem-estar humano e à responsabilidade ética. Trata-se de uma educação que prepara o engenheiro para projetar soluções tecnológicas humanizadas, sustentáveis e socialmente relevantes, integrando competências técnicas, digitais e socioemocionais. É, portanto, uma resposta a um mundo em que os desafios da engenharia exigem simultaneamente rigor técnico, consciência ambiental e sensibilidade social (Lantada, 2020; Valiante Filho, 2025). Neste cenário, para formar os engenheiros do futuro, deve-se considerar os aspectos mais positivos dos diferentes paradigmas educacionais já existentes para a Educação em Engenharia e adaptá-los ao novo contexto altamente dinâmico da Educação em Engenharia 5.0 (Forcael; Garcés; Lantada, 2023).

As discussões visadas neste capítulo estão também em consonância com o que é preconizado em documentos e diretrizes internacionais da ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), CDIO (*Conceiving – Designing – Implementing – Operating systems and products*) e ASIBEI (*Asociación Iberoamericana de Enseñanza de la Ingeniería*), que destacam a importância do desenvolvimento das competências interpessoais, comunicacionais, éticas e de sustentabilidade integrarem a formação do futuro engenheiro e defendem que esta promova, desde o início do curso, uma visão abrangente da Engenharia, baseada em valores, responsabilidade social e consciência ambiental.

Além disso, as reflexões presentes nas diferentes seções do capítulo vão ao encontro de ideias de autores como Camacaro (2024), que destacam a relevância das competências socioemocionais e cognitivas — como empatia, trabalho em equipe, pensamento crítico e tomada de decisão — para a atuação do engenheiro no século XXI. Tais competências, muitas vezes negligenciadas nos currículos tradicionais, podem e devem ser trabalhadas a partir da ampliação do escopo das Ciências Básicas, favorecendo uma formação integral.

Do ponto de vista teórico, podemos dizer que o tipo de debate promovido neste capítulo ancora-se na ideia de *fundamentalização do ensino superior*, Kuznetsova (2024), compreendida como o fortalecimento de uma formação ampla, contextualizada, inter e

transdisciplinar, na qual as Ciências Básicas têm papel de destaque. Em consonância à esta perspectiva, a formação básica do futuro engenheiro deve contemplar não apenas os conhecimentos essenciais da Matemática, Física e Química, mas também aqueles provenientes de outras áreas como a Filosofia, Sociologia, Economia, Direito, História e Psicologia, que poderão contribuir para o desenvolvimento, por parte do estudante, de uma compreensão mais sistêmica e reflexiva do mundo e da prática profissional.

Como salienta Kuznetsova (2024), a ideia de fundamentalização do ensino superior surgiu como resposta às mudanças profundas e extremamente velozes pelas quais a sociedade tem passado, as quais têm gerado

a necessidade de formar não só profissionais altamente especializados, que correm o risco de perder competitividade devido à obsolescência do conhecimento, mas também profissionais com destacados conhecimentos teóricos gerais, fundamentais e interdisciplinares (Kuznetsova, 2024, p. 83).

Conforme o autor, a fundamentalização do ensino superior permite aos futuros profissionais adquirirem conhecimentos básicos essenciais que, por sua natureza duradoura, oferecem a base para o estudo de outras disciplinas e contribuem para o desenvolvimento do raciocínio lógico, do pensamento crítico e da criatividade — elementos indispensáveis para lidar com problemas novos e desafiadores. A partir das ideias de outros autores, Kuznetsova (2024) pontua que um profissional que possui sólida e adequada formação em conhecimentos básicos de diferentes áreas não apenas influencia diretamente o desenvolvimento da sociedade e das tecnologias, aplicando ao seu cotidiano de trabalho as ideias mais atuais, como também consegue acompanhar com facilidade o rápido fluxo de novas informações científicas e adaptar sua atuação às descobertas e avanços mais recentes.

Especialmente em relação à Educação em Engenharia, Kuznetsova (2024) afirma que a fundamentalização do ensino superior

é um pré-requisito necessário para elevar a qualidade da preparação profissional dos futuros engenheiros. As ciências básicas instrumentalizam os futuros profissionais com qualidades essenciais

como raciocínio lógico, pensamento crítico e capacidades criativas. O raciocínio lógico capacita os engenheiros a analisarem problemas complexos e a conceber soluções eficazes; o pensamento crítico auxilia na avaliação de informações e na tomada de decisões bem fundamentadas, enquanto a capacidade criativa contribui para a geração de ideias e soluções inovadoras. Os engenheiros que possuem sólidos conhecimentos básicos são mais aptos para a formulação de tecnologias inovadoras e do desenvolvimento de novos produtos e serviços, promovendo assim o crescimento econômico do país (Kuznetsova, 2024, p. 84-85).

Passamos então, tendo por base esses pressupostos ideológicos e teóricos, às reflexões planejadas para esse capítulo, iniciando pelo que consideramos como uma das pedras angulares para uma formação básica efetiva de qualquer profissional – e, portanto, do Engenheiro: o desenvolvimento de competências comunicacionais.

3 COMPETÊNCIAS COMUNICACIONAIS COMO PARTE DOS DESAFIOS NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

A formação do engenheiro atual exige um conjunto de competências que vai além daquelas de naturezas técnica e científica. Destacam-se, por exemplo, as competências comunicacionais, diretamente relacionadas à capacidade de comunicação — especialmente a escrita científica — que desempenha um papel fundamental na qualidade da formação profissional.

No contexto da Engenharia, a comunicação escrita se materializa em diferentes gêneros textuais, como relatórios técnicos, artigos científicos, memoriais descritivos, normas e pareceres. Cada um desses gêneros possui características próprias, exigindo do engenheiro a capacidade de adaptar a linguagem de acordo com o público-alvo e os objetivos comunicativos. Convém destacar que a comunicação escrita é uma competência que se espera dos egressos em Engenharia, conforme disposto nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) (Brasil, 2019).

Essa exigência, contudo, tem se mostrado um desafio nas universidades, que, em alguns contextos, oferecem uma formação fragmentada, pouco voltada para o desenvolvimento de competências

linguísticas. Nesse ponto, sinaliza-se para a importância de aulas de Língua Portuguesa durante a formação do engenheiro.

Objetiva-se, nesta seção, discutir os principais desafios relacionados à produção escrita no campo da Engenharia, com ênfase na escrita científica e técnica. A fim de garantir a atualização do debate, as discussões são subsidiadas por uma pesquisa bibliográfica baseada, sobretudo, em estudos publicados a partir de 2021. A reflexão busca articular a comunicação como uma competência fundamental no âmbito de uma formação mais ampla, alinhando-se à proposta de repensar as bases da Educação em Engenharia no Brasil e de ampliar os fundamentos da formação do engenheiro para além do domínio estritamente técnico.

A comunicação, e especialmente a Língua Portuguesa, pode ser tratada como um saber básico ampliado, essencial para o desenvolvimento de engenheiros críticos, responsáveis, éticos e prontos para atuar em contextos desafiadores.

3.1 A importância da escrita científica na formação do engenheiro

A escrita científica, entendida como o processo de construção, registro e divulgação do conhecimento em forma textual, é um dos pilares da formação acadêmica no Ensino Superior e, particularmente, na formação do engenheiro. Ela não se limita à transposição de informações técnicas para um documento formal, mas envolve a capacidade de refletir criticamente sobre problemas, organizar raciocínios de forma lógica e comunicar ideias com clareza e precisão. Nesse sentido, a escrita científica é também um exercício de pensamento e de síntese, contribuindo para a consolidação da identidade acadêmica e profissional.

Para estudantes universitários, oficinas estruturadas revelam que a escrita científica é uma oportunidade de consolidar repertório acadêmico e metodológico, já que dúvidas sobre os elementos essenciais da produção textual refletem lacunas na formação (Oliveira *et al.*, 2014). A escrita científica não apenas viabiliza a circulação das descobertas, mas também amplia o repertório intelectual do estudante, ao exigir clareza, argumentação fundamentada e domínio metodológico. Assim, escrever ciência é, em essência, aprender ciência, pois o processo de produção textual demanda seleção, organização e análise de dados, assim como a articulação com teorias previamente consolidadas. O engenheiro que desenvolve tal competência passa a ser não apenas um executor de técnicas, mas também um produtor de conhecimento com potencial de impacto social e tecnológico.

Entretanto, estudos junto a ingressantes universitários indicam que os estudantes frequentemente reportam dificuldades com diversos aspectos da escrita, especialmente pontuação, acentuação, organização textual, planejamento do texto e argumentação, aspectos fundamentais para a clareza e a coesão textuais (Marinho; Signorini, 2022). Essas dificuldades têm múltiplas causas. Por um lado, decorrem de lacunas na formação básica em língua portuguesa, que muitas vezes não contemplou a escrita de textos argumentativos ou científicos. Por outro, refletem a pouca ênfase que os cursos de Engenharia ainda dão à comunicação escrita, privilegiando conteúdos técnicos e matemáticos em detrimento do desenvolvimento de competências discursivas.

A realidade evidencia que muitos estudantes chegam à universidade com uma visão restrita sobre o papel da escrita, compreendendo-a apenas como requisito avaliativo e não como prática social e profissional. Essa percepção é problemática, pois a atuação do engenheiro exige, além de conhecimentos técnicos, competências de comunicação para elaborar relatórios, pareceres, artigos científicos e documentos técnicos que orientam a tomada de decisão em diferentes contextos. A dificuldade em articular pensamento técnico e linguagem acessível pode comprometer não apenas o desempenho acadêmico, mas também a inserção profissional do egresso.

Com base nesse cenário, algumas universidades têm buscado alternativas para fortalecer as competências de leitura e escrita de seus alunos. Atividades específicas de escrita, bem como aulas de Língua Portuguesa ou de Comunicação, vêm sendo inseridas na estrutura curricular a fim de proporcionar aos graduandos práticas sistematizadas e contextualizadas em escrita científica, orientadas por gêneros textuais relevantes para a área de Engenharia. Estudos de Baldissera, Meurer e Lingnau (2023), Ribeiro, Guimarães e Silva (2012) e Santos e Santiago (2014) indicam que essa prática é promissora, na medida em que aproxima os estudantes das exigências discursivas do campo acadêmico e atende ao que se espera dos egressos de Engenharia, conforme estabelecido nas DCN (Brasil, 2019).

A introdução de disciplinas e projetos voltados à escrita científica favorece ainda a interdisciplinaridade, permitindo que os alunos articulem conceitos técnicos com competências comunicativas. Nesse contexto, oficinas de escrita vinculadas a projetos de pesquisa e extensão têm se mostrado estratégias eficazes para desenvolver a competência escrita, pois possibilitam ao estudante experimentar situações reais de produção textual, seja na elaboração de relatórios de iniciação científica, resumos expandidos para congressos ou artigos em periódicos estudantis. Essas

experiências tornam a aprendizagem mais significativa, uma vez que conectam teoria, prática e linguagem.

Além disso, é fundamental compreender a escrita não apenas como exercício acadêmico isolado, mas como prática social situada e inserida em contextos sociais, históricos e culturais que moldam suas normas, leitores e objetivos (Pinto; Santos, 2022). Isso implica reconhecer que os textos acadêmicos e científicos não existem em um vácuo, mas circulam em comunidades discursivas específicas, com objetivos, normas e leitores próprios. Quando o estudante percebe a relevância da escrita científica para sua futura atuação profissional – seja na indústria, na pesquisa ou na gestão de projetos – tende a engajar-se mais no processo de produção textual.

Cabe ressaltar também que a escrita científica favorece o desenvolvimento de competências transversais, como organização, disciplina intelectual, pensamento crítico e capacidade de síntese. Essas competências, valorizadas pelo mercado de trabalho, são fundamentais em uma sociedade marcada pela velocidade de produção e circulação de informações. O engenheiro que escreve com clareza é capaz de tornar seus projetos mais compreensíveis, negociar ideias em equipes multidisciplinares e contribuir de maneira mais efetiva para a inovação.

Portanto, repensar o lugar da escrita científica na formação do engenheiro é uma necessidade urgente. A integração de disciplinas de comunicação, a criação de espaços institucionais de apoio à escrita e a valorização da produção textual ao longo do curso devem ser entendidas como parte constitutiva da formação em Engenharia. Essa mudança de perspectiva desloca a escrita do campo acessório para o central, reconhecendo-a como dimensão indissociável da prática profissional e como instrumento de transformação social.

3.2 Normas, padronização e conformidade na escrita científica e técnica

Um dos principais desafios da escrita científica e técnica é a necessidade de atender a normas e padrões específicos. As diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outras normas internacionais, como *American Psychological Association (APA)* e *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*, têm como objetivo principal garantir a uniformidade, a clareza e a confiabilidade da comunicação acadêmica e profissional. No entanto, o cumprimento dessas exigências nem sempre é simples para estudantes de Engenharia, que muitas vezes não recebem formação sistemática sobre o tema durante a graduação.

Para Motta (2022), a padronização não deve ser encarada apenas como uma obrigação burocrática, mas como um componente essencial da cultura científica e profissional. O domínio das normas confere credibilidade às produções acadêmicas e técnicas e facilita a circulação do conhecimento em ambientes interdisciplinares e multiculturais. Além disso, textos padronizados permitem que diferentes profissionais compreendam rapidamente os resultados apresentados, independentemente da área de atuação, fortalecendo a integração entre setores de pesquisa, indústria e desenvolvimento tecnológico.

Pesquisas como a Schlichting e Souza (2023) indicam que estudantes de Engenharia frequentemente apresentam dificuldades para produzir textos técnicos que conciliem objetividade, rigor metodológico e linguagem acessível. Essas dificuldades se manifestam de diversas formas: uso excessivo de jargões, organização inadequada de seções, inadequação das referências e inconsistência na formatação segundo normas institucionais. Com isso, sinaliza-se que a clareza e a precisão na escrita técnica têm impacto direto na segurança e na eficiência de projetos. Um texto mal estruturado ou impreciso pode comprometer a execução de obras, gerar mal-entendidos entre equipes e ocasionar prejuízos financeiros ou ambientais.

Nesse contexto, é fundamental que as universidades incorporem metodologias que aproximem a produção de textos científicos e técnicos da realidade profissional. Projetos integradores, laboratórios multidisciplinares e estágios supervisionados constituem espaços privilegiados para a prática de escrita técnica, especialmente quando acompanhados de orientação docente estruturada. A interdisciplinaridade deve ser estimulada, permitindo que os estudantes compreendam a comunicação como parte indissociável do processo de Engenharia, desde a concepção até a execução de projetos complexos (Oliveira *et al.*, 2024).

Além disso, estratégias pedagógicas voltadas à familiarização progressiva com normas e padrões de redação são essenciais. Oficinas de normalização, tutoria em bibliotecas universitárias, revisões sistemáticas de trabalhos acadêmicos e o uso de *softwares* de gerenciamento bibliográfico, como Mendeley e Zotero, são ferramentas que podem auxiliar na superação dessas dificuldades. A atuação articulada de docentes de diferentes disciplinas reforça a importância da padronização e contribui para a construção de uma base sólida de competência comunicativa desde os primeiros períodos do curso.

Por fim, a padronização da escrita científica e técnica não deve ser vista apenas como uma exigência normativa, mas como um investimento

estratégico na formação de engenheiros críticos, responsáveis e aptos a atuar com eficiência em contextos profissionais complexos. A consolidação de competências de escrita, aliada à compreensão dos padrões de normalização, promove a excelência na comunicação técnica, a integração entre equipes multidisciplinares e a transferência segura de conhecimento, aspectos fundamentais para o avanço da Engenharia e da ciência aplicada.

3.3 Comunicação com públicos técnicos e não técnicos

Outro desafio central na formação do engenheiro é a capacidade de adaptar a comunicação a diferentes públicos. Enquanto relatórios técnicos e artigos científicos destinam-se a um público especializado, muitas vezes o engenheiro precisa comunicar resultados e decisões a gestores, comunidades ou órgãos reguladores, que não necessariamente compartilham do mesmo repertório técnico.

Pesquisas como de Paschoioto, Cunha e Silva (2024) e de Santos e Mesquita (2024) mostram que profissionais que desenvolvem competências comunicativas conseguem mediar conflitos, negociar soluções e promover maior aceitação de projetos em contextos diversos, inclusive comunitários. Esse aspecto ganha relevância em temas sensíveis como obras de infraestrutura, impacto ambiental e inovação tecnológica, nos quais a clareza e a transparência na comunicação são fundamentais.

Além disso, a comunicação eficaz é essencial para a gestão de equipes multidisciplinares, nas quais membros de diferentes áreas de conhecimento devem colaborar para atingir objetivos comuns. A capacidade de transmitir informações de forma clara e objetiva facilita a integração de esforços e a tomada de decisões compartilhadas, evitando mal-entendidos e conflitos internos.

Nesse contexto, a formação em Engenharia precisa incluir práticas que estimulem a comunicação interdisciplinar e a interação com a sociedade. Projetos de extensão, atividades interativas com escolas e comunidades e a participação em eventos de divulgação científica são caminhos eficazes para o desenvolvimento dessa competência. Ao compreender a importância de traduzir a linguagem técnica para públicos leigos, o engenheiro fortalece não apenas sua atuação profissional, mas também o compromisso ético e social da Engenharia (Marcondes; Monteiro; Ynoguti, 2024).

Dessa forma, a competência comunicativa emerge como um elemento estratégico na formação do engenheiro, transcendendo a simples transmissão de informações técnicas. A capacidade de adaptar

a linguagem a diferentes públicos não apenas potencializa a eficácia na execução de projetos e na gestão de equipes, mas também reforça a legitimidade social da engenharia, promovendo transparência, confiança e participação das comunidades envolvidas. Assim, investir no desenvolvimento dessas competências durante a graduação constitui um passo essencial para formar profissionais preparados para atuar de maneira crítica, ética e socialmente responsável, capazes de mediar interesses variados e contribuir para soluções sustentáveis e integradas.

3.4 O que podemos depreender dessas reflexões?

A escrita científica e a produção de textos técnicos constituem competências centrais na formação do engenheiro contemporâneo. Dominar a comunicação escrita permite ao profissional organizar e transmitir informações de forma clara, objetiva e precisa, garantindo que projetos, relatórios e pesquisas sejam compreendidos por diferentes públicos, desde colegas de equipe até gestores, órgãos reguladores e a sociedade em geral. Essa competência é essencial para assegurar a eficiência, a segurança e a ética na prática profissional da Engenharia.

Os desafios relacionados à clareza, padronização e adequação comunicativa refletem lacunas históricas no ensino de Engenharia, que nem sempre priorizou o desenvolvimento das competências linguísticas. A inserção de disciplinas de Língua Portuguesa, aliada a atividades práticas de escrita científica e técnica, torna-se fundamental para preencher essas lacunas. A disciplina contribui para o aprimoramento da argumentação, da coesão textual, do uso adequado da terminologia técnica e da capacidade de síntese, competências indispensáveis para a atuação profissional.

A integração da escrita científica ao longo do curso de Engenharia deve ser transversal e interdisciplinar. Projetos práticos, estágios, laboratórios e atividades de extensão oferecem oportunidades concretas para aplicar as competências linguísticas em contextos reais, permitindo que o estudante compreenda a função social da comunicação técnica e científica. Esse tipo de prática não apenas melhora a qualidade dos textos produzidos, mas também desenvolve a capacidade crítica do futuro engenheiro, fortalecendo sua autonomia e responsabilidade profissional.

Ao fortalecer a competência comunicativa, a universidade contribui para a formação de profissionais mais críticos, éticos e socialmente responsáveis. A escrita deixa de ser vista apenas como um requisito acadêmico e passa a ser percebida como instrumento estratégico para a gestão de projetos, a negociação de soluções complexas e a mediação

de interesses diversos. Nesse sentido, a disciplina de Língua Portuguesa e a prática contínua de escrita científica constituem alicerces fundamentais para formar engenheiros preparados para enfrentar os desafios contemporâneos da profissão.

Em síntese, a incorporação da escrita científica e da comunicação clara nos currículos de Engenharia é indispensável para a formação de profissionais completos, capazes de articular conhecimento técnico com habilidades comunicativas e sociais. Essa abordagem amplia o potencial de inovação, promove a integração interdisciplinar e fortalece o compromisso ético da Engenharia, consolidando a relevância da comunicação como competência estratégica para o desenvolvimento profissional e para a contribuição da Engenharia à sociedade.

Assim como o desenvolvimento de competências comunicacionais precisa ocupar posição central na formação do futuro engenheiro, a partir da perspectiva da fundamentalização do Ensino Superior e, particularmente da Engenharia, a Sociologia — e, portanto, a habilidade de conduzir análises sociológicas de forma eficaz — não deveria ser tratada como um assunto secundário nos cursos. Pelo contrário, constitui um componente que opera diretamente na construção da própria *expertise* em Engenharia. Passamos então, na seção seguinte, a discutir essa temática, particularizando-a para a inserção da disciplina Sociologia do Trabalho nas graduações em Engenharia Civil e Elétrica.

4 A DISCIPLINA DE SOCIOLOGIA DO TRABALHO EM CURSOS DE ENGENHARIA

As discussões que apresentamos nesta seção são inspiradas pela disciplina de Sociologia do Trabalho inserida nos cursos de Engenharia (Elétrica e Civil), pertencentes ao quadro de ofertas de cursos do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Palmeira dos Índios. Analisamos de que modo a Sociologia do Trabalho, em nível disciplinar, se faz presente no currículo, mas operacionalmente sofre com o seu deslocamento para a função de disciplina acessória aos cursos, sem que se leve em consideração seus aportes teóricos e metodologias como subsídios para a própria pesquisa nas Engenharias.

Essa é uma reflexão importante, pois divide sem excluir, a prática sociológica em duas dimensões: a do ensino e a da pesquisa. Exemplifica que, enquanto disciplina (Sociologia do Trabalho), ela é importante por trazer questões do mundo laboral em perspectiva aplicada. Por sua vez, como área de pesquisa, fomenta a prática da análise de campo com

levantamento de dados e a possibilidade de interpretações macro e micro dimensionais, evidenciando a presença da agência humana no âmbito da *expertise* da indústria.

É importante destacar que, apesar de suas múltiplas potencialidades, a Sociologia é frequentemente percebida apenas como uma ciência de caráter teórico e crítico, voltada à análise das sociedades, sem que se reconheça plenamente a riqueza e a diversidade de seus instrumentos — teóricos, técnicos e metodológicos. Diante disso, ao refletir sobre sua inserção no contexto da formação do futuro engenheiro, propõe-se o uso do termo *Sociologia das Engenharias* (e não *nas Engenharias*), com o objetivo de enfatizar a existência de uma relação de interdependência entre diferentes modos de investigação, que ultrapassa divisões epistemológicas rígidas e que, muitas vezes, acabam por dificultar justamente aquilo que o ensino deveria promover: a consolidação de um regime de formação integrado entre distintas áreas do conhecimento.

Do ponto de vista metodológico, para as considerações que apresentamos nesta seção, realizamos um recorte das atividades da disciplina de Sociologia do Trabalho no IFAL. Primeiro, no que se refere à sua inserção na Engenharia Elétrica, exploramos sua condição disciplinar, apresentando sua posição no rol de disciplinas do Projeto Pedagógico de Curso – PPC. Já no que diz respeito à sua presença no curso de Engenharia Civil, evidenciamos sua aplicação junto às pesquisas de Iniciação Científica e Tecnológica (PIBIC/PIBITI), avaliando como seus preceitos teóricos e seus métodos são empregados para a obtenção dos resultados das investigações.

4.1 O ensino de Sociologia no curso de Engenharia Elétrica do IFAL

Entre as disciplinas científicas consideradas propedêuticas no Ensino Médio, encontra-se a Sociologia. Mais do que a definição simplificada de ‘ciência que estuda as sociedades’, tratá-la dessa forma implica reconhecer um conjunto de teorias e métodos destinados a explicar modelos de relações sociais, articulando dimensões políticas e econômicas. Esses elementos são organizados dentro da clássica relação entre indivíduo e estrutura, que expressa a dicotomia micro e macrosocial (Elias, 2006; Giddens, 2009).

Além disso, perdura o fato de que, em termos de aplicação, esta Sociologia está mais para uma Ciência Social aplicada ao Ensino Médio do que para uma “Sociologia” apenas, já que no currículo os conteúdos referentes a esta disciplina versam sobre questões políticas (debates sobre o poder, o Estado e o governo); antropológicas (estudos em

Antropologia Física², formação de *ethos*³ e processos de transculturalidade e mundialização⁴) e sociológicas (interação social, formação institucional/estrutural e identidades) (Brym, 2006; Giddens, 1991).

Essas ideias estão em concordância com o que está presente no material de “Sociologia”, descrito e organizado via Programa Nacional do Livro Didático – PNLD⁵. Além disso, a Sociologia está inserida na atual Base Nacional Curricular Comum – BNCC (Brasil, 2018), como integrante da área de estudos: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Mas, para além disso, o que dizer da presença da Sociologia e suas ramificações no contexto do Ensino Superior? Um primeiro aspecto a ser considerado é que, neste caso, não há um documento que norteie a abordagem a ser proposta, como há a BNCC no Ensino Médio. Além disso, não há materiais didáticos, semelhantes aos disponibilizados pelo PNLD, que orientem como trabalhar a Sociologia de maneira integrada a outros componentes curriculares. O que existem são os planos de curso desenvolvidos por cada professor e aprovados nos colegiados dos cursos de graduação (Manfredi, 2002).

No caso específico do IFAL – Campus Palmeira dos Índios, é possível perceber que a disciplina Sociologia do Trabalho (junto com Comunicação e Expressão) aparece isolada no currículo do 3º período

² Ramo da Antropologia que se ocupa da origem, evolução e diversidade dos seres humanos.

³ A *formação de ethos* é o processo pelo qual uma pessoa, um grupo profissional ou uma instituição constrói um conjunto de valores, atitudes, modos de agir e de se apresentar socialmente.

⁴ Os processos de *transculturalidade* são aqueles pelos quais diferentes culturas entram em contato, se misturam e produzem algo novo — não somente um amálgama de elementos culturais, mas formas inéditas de viver, pensar, comunicar e se relacionar. Já a *mundialização* (que, às vezes, é usada como sinônimo de globalização, mas tem um foco mais sociocultural do que econômico) refere-se ao conjunto de processos que tornam o mundo cada vez mais interligado e contempla, dentre outros aspectos: a circulação acelerada de informações, bens, pessoas e ideias; a criação de redes globais de comunicação; os impactos mútuos entre sociedades distantes e o aumento da interdependência entre países, instituições e culturas.

⁵ De acordo com o que é apresentado no *website* <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnld>, O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) compreende um conjunto de ações voltadas à distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, para alunos e professores de escolas públicas de educação básica do país.

de Engenharia Elétrica. Nesse mesmo período, os estudantes cursam disciplinas como Cálculo Diferencial e Integral II, Física II, Estatística e Probabilidade, Cálculo Numérico e Equações Diferenciais Ordinárias e, diante desse quadro, os alunos frequentemente relatam um 'descompasso' entre as disciplinas, pois percebem a Sociologia do Trabalho como acessória, pouco analítica ou sem relação direta com o curso, já que não se apresenta de forma aplicada. Em contraste, as disciplinas orientadas predominantemente por cálculos costumam ser contextualizadas e articuladas às habilidades próprias da Engenharia, o que, com algum esforço, faz com que seus conteúdos pareçam aos estudantes mais justificáveis em termos de aplicação (Lacoste, 1983; Oliveira, 2003).

Para além das impressões sobre a disciplina de Sociologia do Trabalho, o que se evidencia no parágrafo anterior é que está em jogo a sua posição no campo científico. Inspirados em Bourdieu (2004), pode-se afirmar que, para além da apropriação heterogênea de seus conteúdos, o grau de relevância atribuído à disciplina no curso de Engenharia Elétrica é variável e se encontra fortemente condicionado às habilidades docentes de aproximar a análise sociológica dos temas e conceitos próprios da especialização em questão — ainda que tal movimento possa ser interpretado como a sobreposição da dimensão instrumental à dimensão crítica (Habermas, 2014). No Quadro 1, a partir dos conteúdos programáticos da disciplina Sociologia do Trabalho, elencados no PPC do curso (IFAL, 2018), apresentamos algumas possibilidades de interfaces que podem ser abordadas entre esses conteúdos e as temáticas específicas da formação do futuro engenheiro eletricitista.

Quadro 1 - Possibilidades de analogia entre o conteúdo de Sociologia do Trabalho e temáticas específicas da Engenharia Elétrica

Conteúdo programático da disciplina Sociologia do Trabalho (IFAL, 2018)	Possibilidades de interfaces com as temáticas específicas da Engenharia Elétrica
Fundamentos da Sociologia: Antecedentes históricos da "sociedade do trabalho". Estado moderno, liberalismo político e econômico e revolução industrial. Crítica à divisão do trabalho: Marx, Durkheim e Weber sobre a divisão do trabalho e capitalismo.	Revolução Industrial – 2ª fase. Substituição da energia a vapor pela elétrica e formação das redes de distribuição de energia. Correntes AC e CC, redes e malhas e formação da companhia General Electric nos EUA e da CBEE no Brasil.

<p>Trabalho e Sociedade: Sociedade, capitalismo e trabalho. Relações de trabalho e organização da produção. Fordismo, Taylorismo e produção flexível. Inovações tecnológicas e organizacionais. As experiências da Terceira Itália e Kalmar. Reestruturação produtiva e mercado de trabalho no Brasil.</p> <p>Globalização e Trabalho: A questão do emprego na “era da globalização”. Tendências recentes quanto a qualificação e desqualificação, participação e exclusão, formal, informal e precarização. Trabalho e Gênero, Trabalho e Etnia no contexto de crise estrutural.</p> <p>A sociedade e as organizações: Desafios materiais, políticos e ideológicos para organização de classe. Heterogeneidade estrutural e fragmentação do proletariado. Novas formas de organização dos trabalhadores. Crise sindical.</p>	<p>O histórico do trabalho eletricitário no Brasil. Divisão por setores: Geração, Transmissão e Distribuição de energia. Uso de antenas de transmissão e transformadores. As diferentes relações de trabalho nos setores eletricitários. A formação das principais hidroelétricas e seus impactos sociais, econômicos e ambientais.</p> <p>O valor trabalho, a alienação e mais valia. O trabalho eletricitário como técnica e ideologia. Os aspectos da venda da força de trabalho e suas nuances mentais e físicas. A incorporação do valor agregado na produção de tecnologia.</p> <p>O mercado globalizado e as relações políticas como inerentes a produção de tecnologia diretamente ligadas a eletrônica e a eletrotécnica. O uso dos microcontroladores e a questão de Taiwan. O desenvolvimento do Vale do Silício nos EUA.</p>
--	--

Fonte: os autores

A análise do Quadro 1, evidencia que, ainda que o conteúdo programático da disciplina Sociologia do Trabalho esteja voltado para conceitos e metodologias específicas da área sociológica, é perfeitamente possível perceber potenciais interfaces com temáticas próprias da formação em Engenharia Elétrica. É possível, portanto, argumentar em prol de uma Sociologia do Trabalho não apenas aplicada à Engenharia Elétrica, mas uma Sociologia do Setor Elétrico (com temas nacionais e internacionais), articulando conceitos e metodologias específicas da Engenharia Elétrica ao estudo das relações laborais.

Evidentemente, essa nova perspectiva implica em um esforço dos professores para a adequação das aulas, dos materiais a serem empregados e dos sistemas de avaliação. Requer ainda uma nova compreensão da Sociologia em termos curriculares, combatendo a ideia de uma disciplina exclusivamente teórica, tornando-a diversificada e com destacado caráter de aplicação (Ferreira, 2006). Em última instância, seria ideal que, a partir deste novo ponto de vista, se conseguisse uma

prática integrativa entre docentes e disciplinas, tanto na seara do ensino, como da pesquisa e da extensão (D'Intignano, 1999).

Visando enriquecer ainda mais as reflexões, vamos agora voltar nosso olhar para o caso da Sociologia do Trabalho no curso de Engenharia Civil do IFAL e como, neste caso, os conteúdos sociológicos se articulam aos específicos da Engenharia por meio de projetos de Iniciação Científica e de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação realizados pelos estudantes.

4.2 O ensino de Sociologia no curso de Engenharia Civil do IFAL e sua integração a projetos de pesquisa

No curso de graduação em Engenharia Civil ofertado pelo IFAL, a disciplina de Sociologia do Trabalho está no 5º período, juntamente com outras como: Fenômenos de Transporte, Mecânica dos Solos I, Mecânica dos Solos II, Tecnologia de Construção Civil I, Laboratório de Mecânica dos Solos I e Teoria das Estruturas I. Neste contexto, diferentemente do que ocorre no 3º período da Engenharia Elétrica, a Sociologia do Trabalho não “concorre” com disciplinas complementares fortemente embasadas em cálculos (que são base para as técnicas), mas com as próprias disciplinas técnicas da área de Engenharia Civil.

Neste cenário, uma das formas pensadas pela instituição para romper com as limitações integrativas entre as disciplinas é oportunizar aos graduandos que desenvolvam projetos de pesquisa que sejam interdisciplinares e estejam na seara da Economia, da Administração, da Ecologia Industrial e da Sociologia, mas que tenham por objetivo principal investigar objetos próprios da Engenharia Civil, sem perder o foco em termos teóricos, questões metodológicas e técnicas, apresentando resultados possíveis de serem transformados em processos industriais e em artigos científicos que contribuam para a reflexão do campo de estudo. Destaca-se então, neste âmbito, a aproximação do curso com o fomento à pesquisa via programas institucionais, como o PIBIC⁶ e o PIBITI⁷, que possibilitam a oportunidade de exercício científico das

⁶ O PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) é um programa do CNPq que oferece bolsas a estudantes de graduação para incentivá-los a participar de projetos de pesquisa científica em diversas áreas.

⁷ O PIBITI (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação) é um programa do CNPq que visa proporcionar ao bolsista, orientado por pesquisador qualificado, a aprendizagem de técnicas e métodos de pesquisa tecnológica, bem como estimular o desenvolvimento do

habilidades e competências já assimiladas pelos estudantes durante o curso, orientando a aprendizagem para o exercício prático, para a criação de produtos e processos e para o domínio de aportes teóricos fundamentados em metodologias quantitativas e/ou qualitativas.

Em relação à integração da Sociologia do Trabalho aos projetos vinculados a estes programas, torna-se desafiante o desenvolvimento de pesquisas que articulem as bases teóricas e metodológicas humanísticas aos conhecimentos específicos da Engenharia. São embates entre modelos de doxa⁸, Bourdieu (2008), que envolvem não apenas as disciplinas e seus conteúdos, mas os agentes que as desenvolvem e seu prestígio no campo educacional frente aos discentes. Vamos então apresentar, no Quadro 2, dois exemplos de projetos fomentados pelo PIBIC e pelo PIBITI no curso de Engenharia Civil nos quais, ao longo de seu desenvolvimento, foi possível articular conhecimentos específicos da Engenharia com aqueles provenientes da área da Sociologia.

Quadro 2 – Projetos integrando, via PIBIC e PIBITI, questões da Sociologia do Trabalho e da Engenharia Civil

Título do projeto	Breve descrição
Os protocolos de construção imobiliária do programa <i>Casa Verde e Amarela</i> e a relação entre o mercado e a regulação estatal em Palmeira dos Índios – AL (PIBIC)	O projeto tem como objeto de pesquisa o programa habitacional <i>Casa Verde e Amarela</i> , lançado pelo governo federal em agosto de 2020. A análise abarcará o período de 2020 e 2021 e será delimitada espacialmente ao município de Palmeira dos Índios (AL), a partir do qual serão observadas as ações construtivas vinculadas ao programa. As variáveis consideradas na investigação envolverão tanto aspectos técnicos da Engenharia Civil quanto dimensões sociais e políticas, destacando-se: projeto (tamanho e tipo das moradias), construção (processos produtivos e qualidade das edificações) e financiamento (subsídios e condições de acesso). Do ponto de vista teórico, a pesquisa mobilizará conceitos

pensar tecnológico e da criatividade, decorrentes das condições criadas pelo confronto direto com os problemas de pesquisa.

⁸ De acordo com os trabalhos de Pierre Bourdieu, *doxa* é aquilo que, sem sequer perceber que estamos agindo desta maneira, aceitamos como natural ou óbvio em um determinado campo social. É um conjunto de crenças, valores, normas e percepções que, por estar profundamente incorporado e orientar nossas práticas e julgamentos de forma automática, não questionamos.

	<p>relacionados à técnica e ciência (na acepção do filósofo, sociólogo e antropólogo francês Bruno Latour), à visão social (na perspectiva dos sociólogos franceses Luc Boltanski e Ève Chiapello), à construção de mercados e direitos (na concepção do filósofo húngaro Karl Polanyi e do sociólogo britânico Thomas Humphrey Marshall) e à análise de redes sociais (segundo o filósofo francês Manuel Castells). Metodologicamente, adotará uma abordagem qualitativa e quantitativa, estruturada em uma tríade de técnicas: análise documental, mapeamento de redes de contatos sociais e entrevistas.</p>
<p>A análise do Fluxo de Materiais na definição de alternativas de arranjo físico - uma aplicação no setor da Construção Civil (PIBITI)</p>	<p>Este projeto de inovação tecnológica tem como objeto de estudo a ferramenta de Análise de Fluxo de Materiais (AFM), um desdobramento dos estudos sobre processos produtivos e Ecologia Industrial, capaz de definir alternativas consistentes de arranjo físico, especialmente voltadas para pequenas e médias empresas da construção civil. Mais do que um instrumento analítico, a AFM funciona como um procedimento interventivo, pois permite gerar propostas concretas de alteração no ambiente produtivo. A pesquisa possui, portanto, caráter simultaneamente analítico e propositivo, visando promover maior organização produtiva, otimizar o aproveitamento do espaço físico, adequar o arranjo físico à sequência das operações e evidenciar como a análise do fluxo de materiais influencia a tomada de decisões no curto e médio prazo. O enquadramento teórico-metodológico apoia-se nas contribuições de Jacó e Araújo (2003), enquanto a metodologia empregada envolve a elaboração de <i>layouts</i> de arranjo físico, o levantamento de centros de custo, margens, receitas e despesas, além da proposição de um novo fluxograma, todos esses procedimentos ancorados em pesquisa de campo e coleta sistemática de dados.</p>

Fonte: os autores

Essas pesquisas foram realizadas de julho de 2023 e a julho de 2024 por duas bolsistas, ambas do 6º período, com experiência de estágio em canteiro de obras e conhecimentos básicos de Engenharia Civil em consolidação. Quanto aos conhecimentos sociológicos (e em Ciências Sociais), além daqueles que as estudantes já haviam construído por meio da disciplina Sociologia do Trabalho, cursada no 5º período, foram realizadas, quando necessárias, complementações conceituais e metodológicas.

Um dos aspectos mais importantes da Iniciação Científica e Tecnológica é justamente sua aplicabilidade em relação aos conhecimentos curriculares ofertados. Projetos como os apresentados no Quadro 2, que envolvem estudos sobre políticas habitacionais de interesse social (Casa Verde e Amarela) e a Ecologia Industrial para aperfeiçoamento de processos industriais na Construção Civil, são importantes elos interdisciplinares (Apple, 1982).

Analisamos então, como exemplo, o primeiro desses projetos, objetivando compreender como, em seu âmbito, ocorreram articulações curriculares que permitiram estabelecer pontes de integração entre a Sociologia do Trabalho e a Engenharia Civil. A análise focou em aspectos relacionais, buscando mostrar que, neste projeto, o modelo de agência está localizado em duas dimensões importantes para a realidade da pesquisa: como expressão do sujeito e como expressão do objeto de pesquisa (Goodson, 1995).

Os objetos de estudo foram os “protocolos de construção” voltados ao Programa Casa Verde e Amarela. A coleta de dados foi realizada com base em uma pesquisa bibliográfica, analisando plataformas governamentais, jornais e revistas científicas e, também, por meio de uma pesquisa de campo, com visita a um dos conjuntos habitacionais promovidos pelo Programa na cidade de Palmeira dos Índios. O conjunto selecionado para essa visita foi o Brivaldo Medeiros, escolhido por ser o maior em número de casas construídas (750) e por apresentar maiores problemas em relação ao seu término, tanto sob o ponto de vista estrutural quanto de condições de financiamento, revelando uma série de falhas já apontadas em termos gerais do Programa pelo Tribunal de Contas da União – TCU.

Em termos sociológicos, a base teórica para a análise é a chamada *Teoria da Agência*⁹, na qual os seres humanos são considerados como

⁹ Na *Teoria da Agência* estudam-se situações em que uma pessoa ou grupo (denominado *principal*) delega a outra pessoa ou grupo (denominado *agente*) a responsabilidade de realizar uma tarefa em seu nome. O ponto central nesta

promotores de ação. No que se refere às políticas públicas, como no Programa Casa Verde e Amarela, isso quer dizer que agentes públicos, agentes bancários, agentes filiados a construtoras e cidadãos são responsáveis pelo andamento do Programa tendo, portanto, parcela de responsabilidade em seu funcionamento, desde o projeto das casas ao seu financiamento via banco estatal ou de parceria mista.

Esse olhar para os protocolos de construção do referido Programa sob essa perspectiva da Sociologia possibilita voltar a atenção a um entrelaçamento de temas complementares em simbiose, sem o qual o não seria dada a merecida importância ao objeto analisado. Neste sentido, a Engenharia e a Sociologia não apenas se unem, mas se fundem, pois podemos considerar que a sociedade moderna e tecnológica é formada, também, no canteiro de obras de Programas como o Casa Verde e Amarela e esse canteiro de obras pode ser concebido como uma microssociedade formada por agências com diferentes interesses disputando espaço (Giddens, 2009; Elias, 2006).

Cabe salientar que o espaço de pesquisa da Sociologia é qualquer lugar em que haja pessoas se relacionando (colaborando, disputando, questionando, aprendendo, comandando etc.), um espaço de interações dinâmicas no tempo. Por isso, ao pensarmos no contexto de projetos de Engenharia Civil, podemos considerar um laboratório de solos ou de tecnologias construtivas como um laboratório social, um espaço de “testes relacionais”, de criatividade, de experiências de tentativa e erro na Construção Civil que passam, inclusive, pelo crivo de questões sociais e econômicas relacionadas, dentre outros aspectos, a práticas patrimonialistas, desvios morais, arranjos relacionais, usabilidade dos espaços e equipamentos urbanos.

4.3 E que considerações podemos fazer a partir desses exemplos?

A partir do que foi discutido nas duas subseções anteriores, podemos perceber que, apesar da Sociologia (por meio da disciplina Sociologia do Trabalho) estar inserida no rol de componentes curriculares que integram os cursos de Engenharia Elétrica e Civil no IFAL, seu reconhecimento no contexto da formação do engenheiro e, portanto, em

teoria é que, como principais e agentes têm interesses e informações diferentes, podem surgir conflitos. Por essa razão, com o auxílio da *Teoria da Agência*, investiga-se como criar mecanismos — como contratos, incentivos, monitoramento e regras de transparência — que alinhem os interesses das partes e reduzam esse “desencontro” entre quem decide e quem executa.

um campo científico considerado essencialmente técnico ainda é limitado, seja por sua fama de “teorizar demais”, seja pelo desconhecimento da importância de seus conceitos e de suas estratégias metodológicas para a análise e para a compreensão de fenômenos da Engenharia.

Nota-se, portanto, um problema operacional nos currículos dos cursos de Engenharia que, certamente, não está circunscrito à instituição na qual o estudo foi realizado: as disciplinas da área de Ciências Humanas estão formalmente inseridas em cursos tecnológicos, mas as razões para esta inserção não são claras, assim como seus objetivos na formação do graduando. Essa ausência de clareza acerca da razão de ser desses componentes curriculares evidentemente prejudica a integração destes com disciplinas de outras áreas, especialmente das técnicas.

Diante desse cenário, consideramos que superar essa forma de compreender e posicionar a Sociologia na Engenharia exige uma mudança metodológica: ela precisa deixar de ser tratada apenas como uma história do pensamento social e passar a ser entendida como uma ciência que analisa as sociedades, destacando, entre outros aspectos, os processos de integração, agência e produção. Essa mudança só será possível se as aulas assumirem um caráter analítico e operacional, sem, no entanto, reduzir ou empobrecer seu grau de instrumentalização — aspecto que costuma ser alvo de questionamentos justamente quando utilizado de forma acrítica para servir aos interesses do capital.

Essa é, sem dúvida, uma saída trabalhosa, mas também um caminho fértil para a inserção no currículo da Engenharia, de uma Sociologia (ou, especificamente, Sociologia do Trabalho) afeita em evidenciar aos futuros profissionais, aplicações, instrumental técnico e acima de tudo importância analítica, visto que seu laboratório é a realidade social, permeada por interações que transpassam às relações de produção, criam e recriam modelos de mercados e estão implicadas, inclusive, no próprio fazer técnico e científico.

Isso significa que a Sociologia tem um papel singular como ciência e que seria mais efetivo — e até menos trabalhoso — integrá-la de fato ao processo de curricularização, em vez de simplesmente mantê-la no currículo por meio de uma formalidade que não garante sua real presença ou função formativa na Engenharia.

Além de oportunizar ao futuro engenheiro o desenvolvimento de competências comunicacionais e de instrumentalizá-lo para que, ao longo de sua formação e, posteriormente, em sua prática profissional realize eficazmente análises sociológicas, é primordial que, durante seu

curso de graduação, ele seja municiado para atuar sempre em prol da sustentabilidade. É essa questão que discutimos nas próximas seções.

5 A SUSTENTABILIDADE COMO UM DOS EIXOS DIRETORES DA ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO

Uma proposta de uma formação básica ampliada para os cursos de Engenharia, em nossa visão, é um convite para conectarmos saberes, competências e habilidades e juntos, por meio da formação que ofertamos aos futuros engenheiros, construirmos pontes entre ciência, natureza e vida. É primordial, no contexto mundial em que estamos inseridos nestas primeiras décadas do século XXI, mantermos constante vigilância em relação às oportunidades que damos aos engenheiros em formação para o desenvolvimento de competências, de modo a termos egressos reflexivos, criativos e engajados em um mundo mais justo e sustentável. Isto é, precisamos formar profissionais que tenham uma visão holística e humanista, comprometidos com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável, entre outros aspectos relevantes (BRASIL, 2019).

Em uma perspectiva mais abrangente e não limitada à Engenharia, subsidiada pela ideia de que o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como atender às “necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades”, Pimenta *et al.* (2025, p. 3), em 2014, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) reforçou a necessidade de assumirmos como paradigma a *Educação para o Desenvolvimento Sustentável* (EDS), isto é, direcionarmos a formação dos estudantes no sentido de, respeitando a diversidade cultural, capacitá-los a tomar decisões fundamentadas e adotar medidas responsáveis em prol da integridade do meio-ambiente, da viabilidade econômica e da busca de justiça social para as gerações atuais e futuras (Merchán Rubiano, 2024). Segundo a autora, a EDS

é orientada para a ação, para a tomada de decisões e para a adoção de medidas em uma perspectiva responsável, o que implica ter em conta os impactos socioecológicos nas repercussões do presente e do futuro. [...] é um catalisador para o desenvolvimento da criatividade, do pensamento crítico e da empatia. Internaliza valores fundamentais de responsabilidade, justiça e respeito por todas as

formas de vida em nosso planeta. Capacita os alunos a serem agentes de transformação em direção à sustentabilidade (Merchán Rubiano, 2024, p. 20).

Em 2015, visando clarificar as metas visadas pela EDS, a Organização das Nações Unidas (ONU) aprovou a denominada Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, tendo como elementos centrais 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável* (ODS), apresentados na Figura 1, os quais são abrangentes, transformadores e voltados para a inclusão, estabelecem limites ambientais e importantes restrições para o uso de recursos naturais, com vistas à uma vida sustentável, próspera e justa para todos (Possamai; Pereira; Frededo, 2025; UNESCO, 2017).

Figura 1 – ODS – Agenda 2030



Fonte: Nações Unidas Brasil (<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>)

O repensar da formação básica ofertada aos futuros engenheiros exige, indubitavelmente, levar em consideração os preceitos da EDS, os ODS e o papel da Engenharia em suas consecuições. É imprescindível que nos conscientizemos de que, como pontuado pela UNESCO (2021), a Engenharia é essencial para o alcance do desenvolvimento econômico sustentável e desempenha papel fundamental no alcance dos ODS pela capacidade das soluções desta área em atender às necessidades humanas básicas, tais como: minimizar a pobreza e promover um desenvolvimento seguro e sustentável; responder às situações de emergência; reconstruir infraestruturas, reduzir as lacunas de conhecimento e promover a colaboração intercultural.

Deste modo, torna-se urgente a compreensão de que a formação dos engenheiros deve ser reformulada no intuito de “abordar as questões urgentes de hoje (como sustentabilidade e transição energética) e

promover um senso de responsabilidade global para alcançar as inovações necessárias” (UNESCO, 2021 *apud* Merchán Rubiano, 2024, p. 20), uma vez que, como ratifica Kolmos (2022), os estudantes de Engenharia precisam aprender a resolver problemas complexos que combinem análise e questões sociais para que a sustentabilidade esteja cada vez mais presente em suas futuras práticas profissionais e não seja uma perspectiva somente almejada.

É imprescindível formar engenheiros comprometidos com a ética, a justiça social, a equidade e, conseqüentemente, com o desenvolvimento sustentável, a consciência ambiental, a melhoria da qualidade de vida, a redução de desigualdades sociais e a expansão do acesso a direitos e serviços básicos. Entendemos então ser necessário oferecer aos graduandos em Engenharia uma formação básica ampliada que os capacitem não apenas para resolver problemas, mas também os fortaleçam como cidadãos conscientes, seres humanos capazes de tomar decisões e mais bem preparados para construir um futuro mais justo e solidário.

Deste modo, durante todo percurso formativo do futuro engenheiro, os problemas trazidos para discussão em sala de aula, ao invés de serem enfrentados de modo linear e reducionista, precisam ser tratados sob uma perspectiva crítica e complexa das realidades abordadas, ou seja, levando em consideração “as múltiplas interações que ocorrem entre as dimensões biológica, social, econômica, política e cultural dos contextos em que se pretende intervir; e das conseqüências que, no passado, presente e futuro, derivaram ou derivam de sua alteração pelas ações da Engenharia” (Merchán Rubiano, 2024, p. 21).

A partir de um estudo bibliográfico, pudemos inferir que os ODS mais importantes para os engenheiros são aqueles indicados no Quadro 3, apresentados em ordem do mais para o menos relevante, nos quais o conhecimento técnico e a capacidade de inovação têm maior possibilidade de impactar diretamente em transformações sociais, ambientais e econômicas, uma vez que, como já salientado, ao aplicar os ODS, os engenheiros se tornam agentes de mudança para um mundo mais justo e sustentável.

Quadro 3 – Os ODS mais relevantes para a Engenharia

ODS	Nome	Contribuições para a Engenharia
6	Água Potável e Saneamento	Projeto de sistemas de abastecimento, tratamento e reutilização de água
7	Energia Limpa e Acessível	Desenvolvimento de tecnologias renováveis, eficiência energética e infraestrutura sustentável.
9	Indústria, Inovação e Infraestrutura	Construindo infraestrutura resiliente, promoção da inovação e modernização industrial.
11	Cidades e Comunidades Sustentáveis	Urbanismo inteligente, transporte eficiente e construção ecológica.
12	Consumo e Produção Responsáveis	Economia circular, redução de resíduo e projeto de processos sustentáveis.
13	Ação Contra a Mudança Global do Clima	Soluções para mitigar as mudanças climáticas, energia limpa e adaptação tecnológica.
2	Fome Zero e Agricultura Sustentável	Irrigação inteligente, mecanização e robótica em culturas.
3	Saúde e Bem-Estar	Logística hospitalar e tecnologias de diagnóstico.

Fonte: os autores

Embora todos esses ODS elencados no Quadro 3 sejam importantes, alguns são particularmente desafiadores e complexos de serem postos em prática pelos engenheiros devido à necessidade de abordagens multidisciplinares. Estes são destacados no Quadro 4.

Quadro 4 – Os ODS mais desafiadores para a Engenharia

ODS	Desafio Principal	É complexo para o engenheiro porque
13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima	Mitigar mudanças climáticas	as Requer inovação tecnológica, adaptação de infraestruturas e soluções resilientes contra eventos extremos.

6 - Água Potável e Saneamento	Acesso universal à água potável segura	Envolve o projeto de sistemas eficientes em contextos de escassez, poluição e desigualdade.
11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis	Urbanização acelerada	Requer planejamento urbano inteligente, transporte sustentável e gestão de resíduos em ambientes densos.
12 - Consumo e Produção Responsáveis	Redução de resíduos e uso eficiente dos recursos	Exige redesenhar processos industriais, aplicar economia circular e mudar modelos de negócios.
7 - Energia Limpa e Acessível	Transição energética justa	É necessário desenvolver tecnologias limpas acessíveis a todos, especialmente em regiões vulneráveis.
2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável	Segurança alimentar	Requer integração de engenharia agrícola, logística, biotecnologia e sustentabilidade na cadeia produtiva.

Fonte: os autores

Visando formar futuros engenheiros comprometidos com a sustentabilidade, capazes de atuar em prol dos ODS e que tenham ferramentas que permitam ao menos minimizar os desafios salientados no Quadro 4, é necessário, de acordo com a UNESCO (2017), possibilitar que, durante o percurso formativo, os graduandos desenvolvam as oito competências-chaves apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Competências-chaves para a sustentabilidade

Competência de pensamento sistêmico: reconhecer e compreender relacionamentos; analisar sistemas complexos; pensar em como os sistemas estão inseridos em diferentes domínios e diferentes escalas; e lidar com a incerteza.	Competência antecipatória: entender e avaliar múltiplos futuros – possíveis, prováveis e desejáveis; criar suas próprias visões para o futuro; aplicar o princípio da precaução; avaliar as consequências das ações; e lidar com riscos e mudanças.
Competência normativa: compreender e refletir sobre as normas e valores subjacentes às próprias ações; e negociar valores,	Competência estratégica: desenvolver e implementar coletivamente ações inovadoras que

princípios, objetivos e metas de sustentabilidade, em um contexto de conflitos de interesses e compensações, conhecimentos incertos e contradições.	promovam a sustentabilidade em nível local e em outros lugares.
Competência de colaboração: aprender com os outros; compreender e respeitar as necessidades, perspectivas e ações dos outros (empatia); compreender, relacionar-se e ser sensível aos outros (liderança empática); de lidar com conflitos em um grupo; e facilitar a solução colaborativa e participativa de problemas.	Competência de pensamento crítico: questionar normas, práticas e opiniões; refletir sobre os próprios valores, percepções e ações; e posicionar-se no discurso da sustentabilidade.
Competência de autoconsciência: refletir sobre o próprio papel na comunidade local e na sociedade (global); avaliar continuamente e motivar ainda mais as próprias ações; e lidar com os próprios sentimentos e desejos.	Competência integrada de resolução de problemas: aplicar diferentes estruturas de resolução de problemas a problemas complexos de sustentabilidade e desenvolver opções de solução viáveis, inclusivas e equitativas que promovam o desenvolvimento sustentável, integrando as demais competências mencionadas.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de UNESCO (2017, p. 10)

Mas como podemos potencializar as reflexões acerca de sustentabilidade nos cursos de Engenharia? Apresentamos, na sequência, duas possibilidades: uma primeira relacionada a um trabalho interdisciplinar recorrendo à aprendizagem cooperativa e ao desenvolvimento de competências sociais; e uma segunda, na qual a discussão de questões relacionadas à sustentabilidade se dá durante a resolução de problemas matemáticos contextualizados na Engenharia.

5.1 Reflexões sobre sustentabilidade, interdisciplinaridade e o desenvolvimento de competências sociais

As discussões que serão apresentadas nesta subseção têm por base as práticas pedagógicas interdisciplinares no Programa de Formação de Células Cooperativas (FOCCO) realizadas com acadêmicos de cursos de Engenharia no Campus da Universidade do

Estado de Mato Grosso (UNEMAT) em Tangará da Serra/ MT. O FOCCO foi criado em 2012 na UNEMAT (Campos *et al.*, 2023).

Orientado pelo protagonismo estudantil, o Programa FOCCO foi inspirado e subsidiado, sob os pontos de vista filosófico e teórico, pelo PRECE¹⁰ (Programa de Estímulo à Cooperação na Escola), desenvolvido no Ceará, no qual emprega-se a aprendizagem cooperativa, formando grupos (células), nos quais os estudantes aprendem juntos, dividindo papéis, ensinando uns aos outros, desenvolvendo autonomia, solidariedade e competências sociais.

Deste modo, no FOCCO – que tem como pilar a aprendizagem cooperativa e, conseqüentemente, uma metodologia na qual os estudantes são os protagonistas – a coordenação do Programa e os estudantes organizam *Células* de estudo e trabalho com base na aprendizagem cooperativa, de modo a potencializar a divisão de tarefas por habilidades, promover a empatia, a escuta ativa e a corresponsabilidade. As *Células* podem ser de qualquer disciplina ou até mesmo vinculadas a atividades que não fazem parte diretamente dos componentes curriculares dos cursos, mas que desempenham papel importante na formação do estudante, como, por exemplo, arte e poesia, que podem ser ferramentas poderosas para despertar a sensibilidade, a criatividade e a expressão emocional. A ideia é que cada *Célula* amplie a capacidade de comunicação do estudante, fortaleça vínculos interpessoais e contribua no desenvolvimento de suas competências sociais e de seu pensamento crítico.

Ao ser implantado em 2013 no curso de Engenharia Civil do campus Tangará da Serra da UNEMAT, o FOCCO contava com três bolsistas. A partir de 2015 o número de bolsas passou a ser gradativamente ampliado e, em 2025, 13 bolsistas participaram das *Células* do Programa. Desde 2016, resultados das ações do FOCCO têm sido compartilhados nas publicações do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

As ações envolvendo práticas pedagógicas interdisciplinares (Santos; Cargnin-Stieler; Camargo, 2023) começaram a ser executadas em 2014. Mas que princípios guiam a execução dessas práticas? Em primeiro lugar, assume-se, em consonância ao relatório da ONU para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2022), que a Educação desempenha um papel crucial na construção de um futuro mais justo e sustentável, fundamentado na justiça social, econômica e ambiental. Além disso, supõe-se que para alcançar esses objetivos, é essencial que

¹⁰ Saiba mais em <https://www.movimentoprece.org/> - Acesso em: 12 dez. 2025.

os seres humanos sejam capazes de *cooperar entre si*, possibilitando a concretização desse futuro almejado.

Em segundo lugar, considera-se que, para a realização de atividades em grupos e para o planejamento das práticas pedagógicas interdisciplinares, é necessário considerar a heterogeneidade grupal, de modo a atribuir a seus integrantes papéis que, em função de seus perfis, garantam participação ativa e igualitária nas diferentes atividades realizadas (Pinho; Ferreira; Lopes, 2013; Andrade Neto; Mazzetto, 2007). Concebe-se também que, ao propor estratégias de aprendizagem ativa, podemos instigar os estudantes da Engenharia para que se conscientizem dos desafios globais em busca de um futuro mais justo, sustentável e menos assimétrico.

Leva-se em conta ainda a importância das competências sociais na formação de engenheiros capazes de enfrentar os desafios do século XXI (Camacaro, 2024), uma vez que, como pontua Albuquerque (2024), esses profissionais precisarão dialogar com diferentes áreas do conhecimento e compreender os impactos sociais de suas decisões técnicas.

Assume-se, portanto que devemos proporcionar ao futuro engenheiro uma formação integral que o prepare para atuar em contextos complexos, diversos e em constante transformação. Ou seja, é fundamental formar profissionais mais sensíveis às dimensões sociais, éticas e humanas da prática profissional (Camacaro, 2024). E o autor argumenta que metodologias de aprendizagens ativas e projetos colaborativos podem estimular o desenvolvimento de competências sociais como: trabalho em equipe, liderança, empatia, resolução de conflitos, pensamento crítico e adaptabilidade.

Preconiza-se então, no âmbito das práticas pedagógicas interdisciplinares, que uma formação mais humanista amplia a capacidade de reflexão crítica, empatia, responsabilidade social e estimula o engenheiro a atuar como agente transformador em contextos complexos e incertos. Ou seja, adota-se como premissa a ideia de que a formação humanista não é oposta à técnica, mas complementar e necessária (Albuquerque, 2024).

Levando em conta esses princípios, têm-se a intenção de desenvolver as competências sociais anteriormente mencionadas e formar profissionais comprometidos e engajados, já que, como pontuam Neves *et al.* (2024), nas práticas pedagógicas interdisciplinares destacam-se a importância da aprendizagem ativa e cooperativa, que refletem a interseção entre a Educação em Engenharia e os esforços

globais para o desenvolvimento sustentável, procurando estabelecer diálogos entre os ODS e o currículo acadêmico.

Alguns projetos trabalhados contribuem para o desenvolvimento de ações relativas aos ODS, por exemplo, os de números 4, 6, 9, 11, 12 e 13 (Quadro 3 e 4), ao promover práticas sustentáveis no manejo de recursos hídricos e buscar desenvolver tecnologias sustentáveis e inovações na construção; melhorar a infraestrutura urbana com práticas de construção sustentável; implementar práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na construção civil; reduzir a emissão de CO₂ e promover a resiliência climática. Essas contribuições refletem como a aprendizagem ativa pode contribuir com a Educação em Engenharia no contexto dos ODS, possibilitando, como preconizam Ferreira *et al.* (2024), que a formação em Engenharia precisa ir além do conteúdo técnico, incorporando estratégias de resolução de problemas e competências sociais sistêmicas de modo a atender às necessidades da sociedade.

Outro caminho viável para reflexões intrínsecas à sustentabilidade na formação básica dos cursos de Engenharia é incorporá-las nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática, repensando o papel desta ciência na capacitação de engenheiros efetivamente preparados para, em seus cotidianos profissionais: (i) tomar decisões bem fundamentadas, viáveis economicamente, mas, ao mesmo tempo, éticas, sustentáveis e comprometidas com o bem-estar social e (ii) enfrentar cenários cada vez mais complexos e instáveis. É o que discutimos na subseção a seguir, objetivando, sobretudo, debater acerca de como as ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (IAG), especificamente o ChatGPT, podem ser empregados como recurso para elaborar situações-problema contextualizadas, integrando conteúdos matemáticos e reflexões socioambientais.

5.2 A Matemática na Engenharia sob a perspectiva da Educação para a sustentabilidade e o emprego de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa

Na parte introdutória da seção 5 deste capítulo, salientamos, por meio do Quadro 5, algumas competências-chaves para a sustentabilidade. Mas de que modo essas competências estão – ou poderiam estar – vinculadas à Matemática na Engenharia tendo em vista o modo característico de pensar desenvolvido pelos futuros engenheiros por meio desta ciência?

Em primeiro lugar, como pontua Karjanto (2023, p. 1), “a Matemática equipa os indivíduos com pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas, vitais para o crescimento pessoal e contribuições sociais”. Complementando essa ideia, Loachamín Iza *et al.* (2023, p. 11) ressaltam os potenciais da aprendizagem de Matemática pelo futuro engenheiro para “o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, lógica, resolução de problemas e raciocínio abstrato, que permitem aos engenheiros enfrentarem desafios complexos e tomar decisões fundamentadas em situações nas quais estão implicados múltiplas variáveis e fatores”. Recorrendo às ideias de Contreras (2013), Loachamín Iza *et al.* (2023) salientam também que

o engenheiro trabalha tomando decisões que podem ser técnicas ou de outro tipo, por isso ele deve se acostumar a raciocinar de forma ordenada, e isso só é alcançado quando ele conhece Matemática, uma vez que esta ciência é objetiva, clara e universal, como se espera que sejam as ações de um engenheiro que deve, portanto, nutrir sua mentalidade com essa ciência (LOACHAMÍN IZA *et al.*, 2023, p. 11-12).

Vasquez Ortiz *et al.* (2023), a partir das considerações de Alsina (2022), argumentam que

o ensino da Matemática assume um papel importante na promoção do desenvolvimento sustentável, uma vez que proporciona aos alunos oportunidades de desenvolver as competências necessárias para lidar com as crises ambientais, sociais e econômicas e com os diversos problemas que delas decorrem e que enfrentamos como humanidade (Vasquez Ortiz *et al.*, 2023, p. 2).

Tomando por base as ideias de Pasichnyk *et al.* (2020), Vasquez Ortiz *et al.* (2023) concluem que as disciplinas de Matemática devem ser compreendidas como generalizadoras e sistematizadoras, uma vez que potencializam o desenvolvimento do pensamento sistêmico e municiam os estudantes de ferramentas que contribuem para o desenvolvimento de habilidades profissionais no âmbito do desenvolvimento sustentável.

Mas, será que da forma como usualmente a Matemática é trabalhada na formação básica do futuro engenheiro, essas suas

potencialidades para contribuir com a tomada de decisões sustentáveis e para as reflexões acerca da sustentabilidade são devidamente aproveitadas e salientadas? Certamente não!

É necessário que a abordagem da Matemática como ciência básica na formação do engenheiro seja repensada e que o foco não esteja apenas no desenvolvimento das habilidades técnicas relativas a esta ciência, mas no desenvolvimento de competências matemáticas que possam instrumentalizar os futuros engenheiros para que se tornem pensadores críticos, incorporem uma perspectiva de sustentabilidade em suas tomadas de decisão e, deste modo, estejam constantemente atentos à situação global e realizem ações sustentáveis (Makramalla *et al.*, 2025; Naidoo; Reddy, 2023; Possamai; Pereira; Frenedo, 2025).

Em síntese, como salientam Loachamín Iza *et al.* (2023, p. 12), é preciso buscar que a formação matemática do engenheiro lhe forneça “meios, ferramentas e instrumentos capazes de alcançar a otimização no uso dos recursos que a humanidade possui e requer para o seu desenvolvimento”. Como afirmam Li e Tsai (2021) citados por Vasquez Ortiz *et al.* (2023, p. 7), o graduando deve ir pouco a pouco percebendo “a EDS como uma forma de ser e pensar sobre o mundo e suas ações”.

Um aspecto central a ser considerado é a necessidade de, constantemente, estimular que, a partir de situações-problema mais próximas possíveis das que enfrentará em sua prática profissional, o futuro engenheiro tome decisões matemáticas fundamentadas, reflita acerca dos efeitos a longo prazo destas decisões e conscientize-se das questões éticas nela envolvidas (Loachamín Iza *et al.*, 2023; Naidoo; Reddy, 2023). Para Possamai, Pereira e Frenedo (2025, p. 3), “a relação entre o ensino de Matemática e a EDS transcende os limites do ensino tradicional, incorporando saberes que valorizam a interconexão entre a Matemática, a sociedade e o meio ambiente”.

É fundamental, portanto, que, nas aulas de Matemática dos cursos de Engenharia, sempre que possível haja momentos de trabalho com problemas semelhantes àqueles que o engenheiro enfrentará em sua atuação, exigindo o desenvolvimento de “habilidades de pensamento complexo, como análise crítica, pensamento sistêmico, metacognição, criatividade e cocriação de conhecimento” (Valdez Rojo *et al.*, 2021, p. 138), habilidades estas que poderão ser posteriormente transpostas para outros tipos de problemas com os quais se deparar.

Mas, como os docentes da área de Matemática que lecionam na Engenharia, podem elaborar problemas visando articular conceitos matemáticos e discussões acerca de sustentabilidade? Apresentamos, a seguir, uma estratégia de elaboração contemplando o uso, pelo

professor, de ferramentas de IAG – especificamente a versão gratuita do ChatGPT – por meio de *prompts* adequadamente elaborados para esta finalidade, em consonância ao que é proposto em Pochulu (2025) e Pochulu e Font (2025).

Visando elaborar um problema articulando Matemática e sustentabilidade, recorreremos à versão gratuita do ChatGPT e inserimos o seguinte *prompt*:

Por favor, sou professor de Cálculo Diferencial e Integral no ciclo básico de um curso de Engenharia e gostaria de trabalhar com situações envolvendo aplicações de derivada de funções reais de uma variável real de modo a explorar, em uma abordagem da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU em sala de aula e auxiliar os estudantes no desenvolvimento das oito competências-chave para a sustentabilidade estabelecidas pela UNESCO. É necessário que, nesse trabalho, haja ênfase na tomada de decisões fundamentadas matematicamente e não apenas na solução de problemas. Além disso, é importante que os estudantes possam refletir acerca das consequências éticas das decisões tomadas. Você poderia me auxiliar, atuando com um duplo papel de especialista em Educação Matemática e consultor da área de Engenharia, propondo algumas situações que eu poderia trabalhar em sala de aula com meus estudantes? É necessário que sejam situações o mais próximas possíveis da realidade e, ao mesmo tempo, acessíveis para estudantes do primeiro ano dos cursos de Engenharia. Para auxiliá-lo, irei anexar um quadro com o detalhamento acerca das competências-chave para a sustentabilidade na visão da UNESCO.

Como resultado, o ChatGPT nos apresentou quatro possíveis situações para discussões, as quais explicitamos a seguir:

(i) *Eficiência e Impacto Ambiental de Aerogeradores*

ODS relacionados: 7 (Energia limpa e acessível) e (Ação contra a mudança global do clima).

Competências-chaves para sustentabilidade ativadas: de pensamento sistêmico, antecipatória, estratégica, de pensamento crítico e normativa.

Enunciado: uma empresa está instalando turbinas eólicas em uma região litorânea. A potência gerada $P(v)$ (em kW) em função da velocidade do vento v (m/s) pode ser modelada por:

$$P(v) = a \cdot v^3 \cdot e^{-0.1(v-v_0)^2}$$

em que v_0 é a velocidade ideal para operação e a é uma constante que depende do rotor. A comunidade local teme impactos sobre aves migratórias e o turismo, caso as turbinas sejam colocadas em áreas de vento mais forte.

Tarefas:

1. Usar a derivada para determinar a velocidade v que maximiza $P(v)$.
2. Comparar cenários de instalação em áreas de ventos médios versus ventos fortes, considerando custos e impactos ambientais.
3. Avaliar, com base nos dados, qual seria a decisão mais equilibrada entre eficiência energética e preservação ambiental.

Reflexão ética: se for possível gerar mais energia em uma área de risco ambiental, é justificável priorizar a eficiência máxima? Quais seriam as compensações possíveis?

(ii) *Poluição de um Rio e Crescimento Populacional*

ODS relacionados: 6 (Água potável e saneamento) e 11 (Cidades e comunidades sustentáveis)

Competências-chaves para sustentabilidade ativadas: de pensamento sistêmico, antecipatória, normativa e integrada de resolução de problemas.

Enunciado: o índice de poluição de um rio $I(t)$ (em mg/L de poluente) após a instalação de uma nova indústria é dado por:

$$I(t) = 50 + 30e^{-0.2t} \text{sen}(t)$$

em que t é o tempo em meses. O município precisa decidir entre:

- Opção A: instalar filtros mais eficientes na indústria (custo alto, impacto rápido).
- Opção B: investir em reflorestamento das margens (custo menor, impacto mais lento).

Tarefas:

1. Usar a derivada para identificar os períodos em que a poluição cresce mais rapidamente.
2. Simular o efeito das duas medidas e comparar o tempo até que $I(t)$ fique abaixo do limite legal.
3. Tomar uma decisão sobre a medida a ser adotada, justificando-a.

Reflexão ética: é aceitável optar por uma solução mais lenta, mesmo com impacto ambiental prolongado, se o custo for mais viável para o município?

(iii) *Uso de Fertilizantes em Agricultura Urbana*

ODS relacionados: 2 (Fome zero e agricultura sustentável) e 15 (Vida terrestre)

Competências-chaves para sustentabilidade ativadas: normativa, de pensamento crítico, estratégica e de colaboração.

Enunciado: a produção de hortaliças $Q(x)$ (em kg) em função da quantidade de fertilizante x (kg/ha) é dada por:

$$Q(x) = \frac{100x}{1 + 0.05x^2}$$

O uso excessivo de fertilizante pode contaminar o solo e lençóis freáticos. O gestor do projeto precisa encontrar um ponto de equilíbrio.

Tarefas:

1. Usar a derivada para encontrar a quantidade x que maximiza $Q(x)$.
2. Comparar produtividade e impacto ambiental para valores próximos do ótimo.
3. Decidir qual quantidade aplicar, considerando produção, custo e risco ambiental.

Reflexão ética: deve-se sempre buscar a máxima produtividade possível ou há limites morais impostos pela sustentabilidade?

(iv) Otimização de Iluminação Pública com Energia Solar

ODS relacionados: 7 (Energia limpa) e 11 (Cidades sustentáveis)

Competências-chaves para sustentabilidade ativadas: estratégica, antecipatória, sistêmica, colaboração.

Enunciado: a intensidade luminosa média $L(\theta)$ captada por um painel solar que abastece um poste é dada por:

$$L(\theta) = k \cdot \text{sen}(\theta - \alpha)$$

em que θ é o ângulo de inclinação do painel e α depende da latitude e estação do ano. O município quer determinar o melhor ângulo para minimizar custos de energia suplementar.

Tarefas:

1. Determinar o valor de θ que maximiza $L(\theta)$ usando derivadas.
2. Considerar a variação sazonal e discutir a viabilidade de ajustar os painéis ao longo do ano.
3. Decidir entre instalação fixa (custo menor) ou ajustável (custo maior, maior eficiência).

Reflexão ética: vale a pena investir mais recursos públicos para aumentar a eficiência energética, mesmo que isso reduza verbas para outras áreas prioritárias?

Optamos por explorar a primeira situação sugerida pelo ChatGPT, relacionada à eficiência e ao impacto ambiental de aerogeradores por considerar que esta tem potencial de interessar a uma gama mais abrangente de habilitações de Engenharia, uma vez que, no ciclo básico, momento normalmente destinado à formação básica do futuro engenheiro, costuma-se trabalhar conjuntamente com estudantes de todas as habilitações de Engenharia que são ofertadas em determinada instituição de ensino.

Selecionada a situação 1, inserimos um novo *prompt*:

Optamos pela primeira sugestão, relacionada aos Aerogeradores. Pode, por favor, resolvê-la detalhadamente explicitando todas as soluções possíveis e as discussões que poderiam ser realizadas com os estudantes? Apresentar

também, em detalhes, as reflexões éticas possíveis de serem realizadas a partir deste problema.

Como resposta a esse *prompt* obtivemos uma solução genérica, não vinculada a nenhum valor específico para as variáveis e constantes envolvidas no problema. Inserimos então um novo *prompt*:

E você pode, por favor, reapresentar a situação do aerogerador, mas considerando um problema real formulado com os devidos dados numéricos? Isto é, uma situação não genérica, mas um problema específico relacionado ao contexto mencionado?

Obtivemos então um problema relacionado à escolha entre duas localidades para a instalação de um parque eólico. Nesta nova formulação do problema, havia menções a termos que não são de conhecimento de docentes da área de Matemática, por serem muito específicos ao contexto de geração de energia eólica. Solicitamos então, por meio de um novo *prompt*, explicações a este respeito:

O que significam essas restrições do equipamento? Pode explicá-las? E o que é o peso da comunidade que está sendo considerado?

Após lermos a resposta dada e compreendermos o significado dos elementos para os quais solicitamos esclarecimentos, consideramos que o enunciado do problema já deveria incluir explicações a este respeito, uma vez que, certamente, os estudantes de uma disciplina inicial de Cálculo, público-alvo da situação formulada, também não teriam conhecimentos suficientes a respeito. Mais um *prompt* foi inserido:

É possível então inserir essas explicações acerca das restrições do equipamento e do peso da comunidade no enunciado do problema para que ele se torne mais compreensível para estudantes do início de um curso de Engenharia?

Como resultado deste último *prompt*, obtivemos a versão do enunciado, apresentada a seguir, que consideramos adequada para um possível ponto de partida para o emprego da situação em sala de aula.

Problema — Parque Eólico “Costa Norte”

A prefeitura de Costa Norte planeja instalar um pequeno parque eólico para suprir parte do consumo do distrito industrial. Dois locais são cogitados:

- Sítio Dunas (ventos médios): planície interiorana, baixa sensibilidade ambiental, velocidade média típica de vento 7,8 m/s.
- Sítio Falésias (ventos fortes): faixa litorânea com rotas de aves migratórias e relevância turística, velocidade média típica 10,2 m/s.

A equipe de Engenharia está usando, para estudos preliminares, o seguinte modelo simplificado para a potência instantânea gerada por cada aerogerador (em unidades proporcionais a kW):

$$P(v) = a v^3 e^{-k(v-v_0)^2}, a = 1,2, k = 0,08, v_0 = 8,5, v \geq 0,$$

em que:

- v é a velocidade do vento (m/s);
- v_0 é a “velocidade-alvo” de projeto (m/s);
- k indica quão rápido a eficiência cai ao se afastar de v_0 ;
- a reúne fatores como dimensões do rotor e densidade do ar.

Restrições técnicas do equipamento:

Todo aerogerador opera apenas dentro de uma faixa segura de velocidades de vento:

- Velocidade de *cut-in* (v_{ci}): velocidade mínima necessária para começar a gerar energia de forma útil.
 - No equipamento escolhido, $v_{ci} = 3 \text{ m/s}$.
 - Abaixo disso, o rotor pode até girar, mas não gera potência aproveitável.
- Velocidade de *cut-out* (v_{co}): velocidade máxima segura.
 - No equipamento escolhido, $v_{co} = 25 \text{ m/s}$.
 - Acima disso, a turbina é desligada automaticamente para evitar danos.

Assim, o intervalo viável de operação é:

$$v_{ci} \leq v \leq v_{co} \quad (3 \text{ m/s} \leq v \leq 25 \text{ m/s}).$$

Peso da comunidade (λ)

Além da potência gerada, a prefeitura deseja considerar um fator socioambiental na tomada de decisão.

Para isso, será usada a função:

$$S(v) = P(v) - \lambda R(v), \quad R(v) = v^2,$$

na qual

- O termo $P(v)$ representa o benefício energético.
- O termo $\lambda R(v)$ representa custos ou riscos ambientais e sociais percebidos pela comunidade — como impacto em aves migratórias, alterações na paisagem e ruído.

- O parâmetro λ indica o peso relativo dado a esses impactos:
 - λ pequeno \Rightarrow prioridade na geração de energia;
 - λ grande \Rightarrow prioridade na redução de impactos.

Tarefas

1. Usar derivadas para determinar a velocidade v^* que maximiza $P(v)$ e verificar se está no intervalo viável $[v_{ci}, v_{co}]$.
2. Calcular $P(v)$ para as velocidades médias de cada sítio e comparar.
3. Para $\lambda = 5, 10$ e 15 , calcular $S(v)$ para cada sítio e decidir qual apresenta maior benefício líquido.
4. Discutir como a escolha de λ afeta a decisão final.
5. Produzir um parágrafo de reflexão ética: considerando a realidade local, quais consequências (positivas e negativas) poderiam surgir da instalação em cada sítio? Quem seria beneficiado e quem poderia ser prejudicado?

Entendemos que este problema pode, antes de ser efetivamente levado para a sala de aula, passar por novas adaptações, inclusive com o uso de outros *prompts*, de acordo com os conhecimentos do professor a respeito de seus estudantes, dos aspectos matemáticos a serem enfatizados e das condições fornecidas pelas instituições nas quais o trabalho será desenvolvido. Trata-se apenas de uma primeira sugestão de situação com potencial de articular, na formação do Engenheiro, a Matemática e questões relativas à sustentabilidade. Ressaltamos, por fim, que a solução apresentada pelo ChatGPT para este problema, bem como todas as etapas anteriormente descritas que culminaram com sua formulação final podem ser acessadas pelo leitor em <https://chatgpt.com/share/689c964d-6968-8005-99d0-3e918bebfd1b>.

5.3 Algumas palavras finais sobre a necessária articulação entre a formação básica do engenheiro e questões de sustentabilidade

Conforme apresentamos nesta quinta seção do capítulo, é inquestionável a importância de articular à formação básica do futuro engenheiro discussões acerca da sustentabilidade. As ferramentas de IAG, como o ChatGPT, mostram-se excelentes aliadas para auxiliar o professor na elaboração autônoma e mais rápida de situações-problema a serem implementadas com o objetivo de efetivar a articulação supracitada. Do mesmo modo, programas especiais envolvendo interdisciplinaridade, aprendizagem cooperativa e o desenvolvimento de competências sociais também se constituem como estratégias

potencialmente adequadas para o estabelecimento das vinculações sobre as quais debatemos.

No entanto, para que o estabelecimento de vínculos entre a formação básica e as reflexões relacionadas à sustentabilidade se torne de fato possível nos cursos de Engenharia, é necessário um repensar não apenas na abordagem e no escopo das Ciências Básicas presentes no percurso formativo, mas a elaboração de currículos mais enxutos, articulados e efetivamente alinhados ao desenvolvimento de competências de diferentes naturezas, incluindo às relacionadas à sustentabilidade, para que haja tempo suficiente, durante a formação básica do futuro engenheiro para realizar, de modo interdisciplinar e aprofundado, discussões como as que podem decorrer da implementação de problemas como o que apresentamos na seção 5.2 e de projetos desenvolvidos em programas como o que tratamos na seção 5.1.

Do ponto de vista didático pedagógico, uma alternativa para inserir na abordagem das disciplinas que compõem as matrizes curriculares dos cursos de Engenharia debates acerca de sustentabilidade ou de outras temáticas candentes e essenciais na atualidade é, sempre que possível, priorizar também o trabalho com tarefas exploratório-investigativas. Na seção seguinte, visando destacar algumas potencialidades da implementação desse tipo de tarefa, apresentamos alguns resultados do desenvolvimento de duas tarefas exploratório-investigativas no componente curricular Modelagem de Situações Dinâmicas, dirigido a estudantes dos cursos de Engenharia de uma universidade comunitária gaúcha.

6 POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DAS TAREFAS EXPLORATÓRIO-INVESTIGATIVAS EM UM COMPONENTE CURRICULAR DO PRIMEIRO SEMESTRE EM CURSOS DE ENGENHARIA

Historicamente, como tem sido exaustivamente discutido no âmbito da Educação em Engenharia, as disciplinas de Cálculo são consideradas como responsáveis, em parte, por altos índices de reprovação e evasão dos estudantes. Diferentes estudos apresentados no COBENGE, como os de Nascimento (2000) e Almeida e Godoy (2016), e em distintos periódicos científicos, como os artigos de Sodr e, Laudares e Furletti (2023) e Fontes e Gontijo (2022), ressaltam tais aspectos. Em adi ao, Sousa Neto *et al.* (2022, p. 412) mencionam, por exemplo, que “as

disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral representam grande parte da dificuldade encontrada no início dos cursos de Engenharia”, mas ressaltam que os conteúdos explorados são fundamentais para “o entendimento de muitos fenômenos físicos e de Engenharia, fazendo-se necessárias para a construção de muitos conhecimentos inerentes à formação de engenheiros (Sousa Neto *et al.*, 2022, p. 412).

Na Univates, Universidade Comunitária Gaúcha na qual atuam algumas das autoras desse capítulo, o contexto, nas disciplinas de Cálculo, é bastante semelhante ao descrito no parágrafo anterior. Em 2021, objetivando mudar este cenário, o projeto Aula+ foi instituído, nas modalidades seminário e ateliê. De acordo com Munhoz e Weizenmann (2024, p. 23), foi criada “uma nova proposta educativa que reúne atributos singulares para constituir um novo ecossistema de aprendizagem, dando outro sentido à perspectiva da formação universitária”. Assim, “a aula seminário e a aula ateliê indicam escolhas metodológicas dos professores da referida universidade, no sentido de como pensar e criar uma aula, considerando permanentemente a indissociabilidade entre teoria e prática” (Munhoz; Weizenmann, 2024, p. 23).

No que se refere aos componentes vinculados à Matemática, passou-se a criar tarefas exploratório-investigativas, que pudessem contemplar a indissociabilidade entre a teoria e a prática e posicionar o estudante no centro dos processos de ensino e de aprendizagem.

De acordo com Rehfeldt *et al.* (2023), as tarefas investigativas se constituem

em proposições metodológicas consolidadas na área de Matemática e são propostas intencionando a resolução de problemas, com o engajamento e **envolvimento ativo dos estudantes**, de modo a fomentar o desenvolvimento da **autonomia**, da autocrítica, da argumentação, - oral e escrita -, do **trabalho em equipe**, de modo que vivenciam processos de produção de conhecimentos matemáticos e científicos (Rehfeldt *et al.*, 2023, p. 2 – grifos nossos).

Neste tipo de tarefa, o estudante torna-se o centro dos processos de ensino e de aprendizagem, passando a ter uma atuação ativa e desenvolvendo sua autonomia. Não há respostas únicas e imediatas, mas sim a emergência de conjecturas e estratégias que podem ser aceitas ou não. Ao estudante cabe argumentar, criticar, propor, discutir e apresentar uma solução. Destaca-se, ainda, que é importante que as

tarefas sejam realizadas em pequenos grupos para que ocorra o compartilhamento de ideias (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2003).

O professor, por sua vez, deve ser mediador, questionando os estudantes, sem dar respostas prontas, mas promovendo reflexão e análise das conjecturas elaboradas, verificando a validade da resposta. Nessa seara, Ponte, Brocardo e Oliveira (2003) expressam que:

O professor tem um papel determinante nas aulas de investigação. [...] No acompanhamento que o professor faz do trabalho dos alunos, ele deve procurar atingir um equilíbrio entre dois polos. Por um lado, dar-lhes autonomia que é necessária para não comprometer a sua autoria da investigação, e por outro lado, garantir que o trabalho dos alunos vá fluindo e seja significativo do ponto de vista da disciplina de Matemática (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2003, p. 47).

Operacionalmente, Ponte, Brocardo e Oliveira (2015) asseveram que o enfrentamento de uma tarefa para o ensino e para a aprendizagem requer quatro passos, a saber: i) o conhecimento inicial, englobando a verificação, a análise e a elaboração de questões relacionadas à situação-problema; ii) a organização dos dados, para elaboração de suposições/hipóteses denominadas conjecturas; iii) a realização de testes das conjecturas elaboradas com o intuito de verificar suas veridades/validades e, se necessário, reescrevê-las; iv) a socialização das conjecturas, que deve vir acompanhada de argumentação que justifique o raciocínio utilizado na resolução da tarefa proposta.

De acordo com Deaquino (2008), as tarefas exploratório-investigativas devem ser resolvidas, preferencialmente, em pequenos grupos e depois as soluções devem ser socializadas com o grande grupo. Assim, um estudante pode auxiliar o outro na elaboração de conjecturas e de estratégias de resolução, o que pode aumentar a interação e a colaboração, despertando a confiança frente às dificuldades. Cabe ressaltar que, em razão da tipologia da tarefa, esta pode levar mais ou menos horas de implementação, a depender dos estudantes, das discussões e do tempo disponível para realizá-las.

Nesta seção, por meio da análise dos materiais produzidos pelos estudantes durante as aulas em que as tarefas exploratório-investigativas foram implementadas, a saber: enunciações e materiais escritos pelos graduandos, ilustramos algumas respostas e questionamentos

realizados pelos estudantes, tanto no decorrer da aula, quanto na socialização dos resultados.

As tarefas exploratório-investigativas selecionadas para essa discussão vêm sendo exploradas desde 2022, em um componente curricular do primeiro semestre da Engenharia, denominado Modelagem de Situações Dinâmicas, em uma turma que congrega estudantes de diversas habilitações, tais como, Química, Civil, Elétrica, Mecânica, de Produção, de Computação, de Software e de Controle e Automação. Tal componente é ofertado semestralmente ou anualmente, dependendo da demanda de estudantes aptos.

Selecionamos para apresentar neste capítulo as duas tarefas exploratório-investigativas explicitadas a seguir, que indicamos por Tarefa 1 e Tarefa 2.

Tarefa 1 - Estudo de caso: planejando a construção de um prédio

O casal Antônio e Maria procuraram um engenheiro civil com o objetivo de construir um prédio comercial com as seguintes medidas: 14,80 m (comprimento) x 8,45 m (largura). Para realizar a obra, dispõem de um terreno de esquina que mede 18,50 m (largura) x 27,40 m (comprimento). A Prefeitura da cidade aceita construções desde que se cumpram as seguintes regras:

- a construção precisa ficar afastada 3 m da calçada/passeio;
- a construção precisa estar afastada 1,5 m do terreno do vizinho;

Com base nestas informações, resolver as questões propostas:

1. Desenhar um mapa, em uma folha tamanho A4, com a localização do prédio no terreno, respeitadas as normas da Prefeitura. Use a escala 1:100, escreva a medida de cada lado do desenho e explique o que significa uma escala 1:100.
2. Calcular a medida da área do terreno, expressando a resposta em notação científica.
3. Calcular a medida da área do prédio que o casal quer construir, expressando a resposta em notação científica.
4. O Casal deseja cercar este terreno, pois em tempos de delitos querem seu patrimônio preservado. Sendo assim, desenhar, no mesmo mapa de localização (questão 1), os postes de concreto, afastados, no máximo, 2,5 m um do outro, mais um portão de acesso de 3 m para entrada de caminhões (Você e seu grupo podem discutir em qual local seria mais conveniente colocar o portão e justificar o motivo). Otimizar os custos desta cerca para que o casal tenha o menor gasto possível. Segue uma imagem da tela que pretendem colocar.



5. Considerando os seguintes valores médios de mercado:

- tela tipo alambrado galvanizada fio 14: R\$ 16,00, o metro quadrado com 1 metro de altura. A tela a ser usada, conforme a figura anterior, tem 1 m de altura;
- poste de concreto (modelo mourão ponta virada leve): R\$ 65,00 a unidade;
- portão já pronto (3 m de comprimento x 1 m de altura): R\$ 1.600,00;
- arame para sustentação da tela (galvanizado fio 14): R\$ 0,99 o metro (sendo necessários três fios em diferentes posições para sustentar a tela – superior, intermediário e inferior. No desenho temos apenas um fio superior e um inferior);
- arame farpado duplo na parte superior: R\$ 1,03 o metro, conforme figura anterior.

Pergunta-se: Qual será o custo total para cercar o terreno, considerando a otimização dos custos materiais e desconsiderando o valor da mão de obra?

Tarefa 2 – Cubagem envolvendo distintos objetos

Quantas caixas iguais àquela que está na representação 2 cabem na prateleira ilustrada na representação 1 (considerar duas possibilidades, mas sem posicionar a caixa “de pé”)? Justifique sua resposta e argumente acerca das possibilidades.



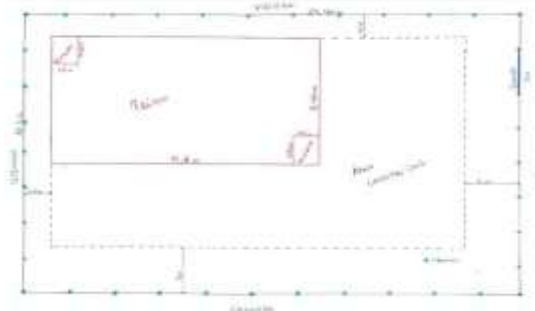
Passamos então a discutir alguns resultados, iniciando pela apresentação da solução encontrada pelo Grupo 1_2025B¹¹ (Figura 2). Dispondo de uma folha de desenho A4, os integrantes do grupo, inicialmente, desenharam as dimensões do terreno. Após, tracejaram a área na qual poderia ser construído o prédio e chamaram esta área de 'construível'. Nesta superfície, respeitaram os distanciamentos dos vizinhos e da calçada, indicando as medidas de recuo (1,5 metros do vizinho e 3 metros da calçada). Em seguida, desenharam, com uma caneta vermelha, o prédio e escreveram suas dimensões. Ainda representaram dois banheiros, necessários para o empreendimento funcionar. Ao final, posicionaram os postes, representando-os por um pontinho azul, sendo este o maior desafio encontrado na tarefa. Uma vez que esta tarefa já foi explorada por vários semestres consecutivos, sabemos, pela experiência acumulada que, em muitos casos, os estudantes simplesmente calculam a medida do perímetro do terreno e dividem a resposta encontrada por 2,5 metros (medida da distância máxima entre os postes), o que, na prática, não corresponde à resposta correta, pois em cada esquina do terreno é necessário ter um poste.

Antes de finalizar a representação dos postes, uma integrante do grupo chamou a professora e perguntou se havia algum lugar específico para posicionar o portão, questionamento que também ocorreu em vários outros grupos e em outros semestres. Neste sentido, foi dito que poderiam colocá-lo no local que entendessem como mais adequado, levando em consideração sua experiência cotidiana. Foi então que uma integrante do Grupo 1 comentou: "tentei colocar o portão em vários locais para ver se conseguiria diminuir o número de postes, mas isso não

¹¹ As informações serão expressas por Grupos (Grupo 1, Grupo 2 e, assim, sucessivamente), seguidas do ano e semestre de exploração (A: primeiro semestre e B: segundo semestre).

aconteceu. Então posicionei ele no lado onde terá a calçada” (No canto superior à direita do leitor). Outro estudante, integrante do Grupo 2_2025B, mencionou que colocou seu portão próximo à esquina, pois se houvesse uma sinaleira (um semáforo), o motorista rapidamente conseguiria entrar com o veículo no portão e, portanto, não atrapalharia o trânsito. Nota-se, então, que os estudantes usaram distintos argumentos em suas discussões.

Figura 2 – Representação feita pelo Grupo 1



Fonte: Proponentes do trabalho, com base em Grupo 1_2025B

Quanto ao posicionamento do prédio sobre o terreno na região ‘construível’, também ocorrem questionamentos. Novamente os estudantes foram desafiados a escolher uma localização que adotariam na vida real. Cabe frisar que a maioria coloca o prédio em alguma esquina, dentro da região ‘construível’, como também ilustra a Figura 2. São poucos os estudantes que centralizam o prédio, pois afirmam que os espaços da frente ou dos fundos poderiam ser utilizados como estacionamento e que isso precisa ser levado em consideração a partir do tipo de “negócio” que se intenta realizar. Se fosse um escritório de desenvolvimento de Tecnologia da Informação (TI), o colocariam nos fundos do terreno, oferecendo, na parte frontal, espaço para estacionamento de clientes (caso fosse necessário).

Como se pode observar, nestas discussões, o papel do professor é essencial na problematização das tarefas. Ponte Brocardo e Oliveira (2003) chamam a atenção disto quando mencionam que o professor deve privilegiar a autonomia do estudante e aquilo que seja significativo para ele, sob o ponto de vista matemático. Neste sentido, cabe comentar que esta tarefa apresenta uma potencialidade para discussão, pois trata-se

de uma questão aberta, suscetível a questionamentos e problematizações.

Em relação ao item 5 da tarefa 1, os estudantes deveriam calcular a quantidade de arame para sustentação da tela. Um exemplo de como o Grupo 1 calculou cada um dos itens é apresentado na Figura 3.

No entanto, para encontrar este valor, alguns estudantes apenas calcularam a medida do perímetro do terreno, não descontando a medida do portão, uma vez que no portão não havia necessidade deste arame de sustentação. Quando questionados sobre o resultado encontrado, um estudante do Grupo 3_2025B comentou: “sempre aprendi que o contorno é perímetro e nem me dei conta de descontar o portão. Apenas fiz a soma dos lados”. Neste sentido, fica o questionamento: como usamos conceitos matemáticos vinculados a situações cotidianas? Estas situações são suficientes e adequadamente exploradas e discutidas?

Dando prosseguimento às análises de respostas referentes às tarefas exploratório-investigativas, passamos à tarefa 2. Observando as respostas à esta tarefa, observamos também foram encontradas discussões relevantes. E para problematizar as respostas, serão descritos os questionamentos realizados pelos estudantes em alguns grupos, haja vista que eles conseguem perceber, com certa facilidade, que quando a caixa é rotacionada em 90° , o número de caixas que cabe é diferente. Usualmente, o raciocínio ocorre como ilustrado na Figura 4.

Figura 3 - Representação do Grupo 1_2025B

Tela: $(27,4 \times 2 + 18,5 \times 2 - 3) \times 3 = 88,8$ e $88,8 \times 16 = 1420,80$
Poste: $38 \times 65 = 2470,00$
Portão: 1600,00
Arame para sustentação: $88,8 \times 3 \times 0,99 = 263,74$
Arame farpado: $88,8 \times 2 \times 1,03 = 182,93$
Total: 5937,47

Fonte: Proponentes do trabalho, com base em Grupo 1_2025B

Figura 4 - Representação da maioria dos cálculos efetuados

Raciocínio 1: $90:30 = 3$; cabem 3 caixas lado a lado. $30:18 = 1$; cabe 1 caixa na largura da prateleira. $37:10 = 3$; cabem 3 caixas empilhadas umas sobre as outras,	Raciocínio 2: $90:18 = 5$; cabem 5 caixas lado a lado. $30:30 = 1$; cabe 1 caixa na largura da prateleira. $37:10 = 3$; cabem 3 caixas empilhadas umas sobre as outras,
---	---

por prateleira. Logo, cabem $3 \times 1 \times 3 = 9$ caixas por “andar”.	por prateleira. Logo, cabem $5 \times 1 \times 3 = 15$ caixas por “andar”.
--	---

Fonte: Proponentes do trabalho, com base nas respostas dos estudantes ao longo dos anos

Portanto, de acordo com o raciocínio 2, esta é a forma que mais caixas podem ser posicionadas na prateleira. Até aqui há consenso entre os estudantes. No entanto, as discussões mais acaloradas ocorrem quanto ao fato de colocar ou não caixas acima da primeira divisão da prateleira (“andar superior”). Quando indagados, uns afirmam: “não é muito estético colocar caixas acima da estante” (Grupo 1_2025A). Outros dizem: “também cabem 15 caixas, pois será o mesmo “peso” das caixas que cabem nas outras divisórias/andares (Grupo 1_2024A). Ainda mencionam: “podemos colocar tantos quantos couberem, até o teto do quarto” (Grupo 1_2024A). Assim, as discussões foram extra matemáticas, mas fundamentais para resolver a tarefa proposta. É fundamental, em sala de aula, ao nos depararmos com discussões como essas oportunizadas pela Tarefa 2, questionarmos os estudantes: mas, qual seria a solução a ser usada na vida real? Temos que tornar uma prática cotidiana nas universidades os debates acerca de diferentes soluções para um problema; podemos, em muitas ocasiões, aceitar respostas diversas entre os estudantes de uma turma, desde que acompanhadas por justificativas e argumentos fundamentados.

Neste sentido, concordamos com Rehfeldt *et al.* (2023) que afirmam que tarefas exploratório-investigativas têm como potencialidade o desenvolvimento da autonomia, da autocrítica e da argumentação. Foi exatamente isso que se pode observar nos questionamentos e discussões realizadas pelos estudantes. Podemos afirmar, com relação aos resultados obtidos por meio da implementação das duas tarefas apresentadas e de outras com que temos trabalhado em diferentes semestre, que: a) na maior parte do tempo, os estudantes cooperam, se engajam e trazem conhecimentos gerados em seus cotidianos, afirmando que as tarefas os instigam a desenvolver distintos raciocínios, algo surpreendentemente pouco comum na maioria das aulas de Matemática; b) as tarefas exploratório-investigativas são potentes para discussões dos conteúdos propostos para a disciplina e possibilitam problematizações da vida real; c) os estudantes encontram distintas respostas, o que permite o desenvolvimento da autonomia e do espírito crítico e criativo; d) ocorrem limitações que residem na resistência de alguns em compor os grupos, preferindo resolvê-las de modo individual,

sendo essa uma característica cada vez mais visível ao longo dos semestres, em particular, após a pandemia. Por fim, especialmente no âmbito da Univates, as problematizações possibilitadas por meio desse tipo de tarefa estão em consonância com aquilo que se apregoa no Projeto Aula+, que é a indissociabilidade entre a teoria e a prática e o posicionamento do estudante no centro dos processos de ensino e de aprendizagem.

Passamos então às considerações finais deste capítulo, nas quais sintetizamos alguns aspectos dos debates realizados na Sessão Dirigida da qual este capítulo se originou.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como implementar, de maneira eficiente, uma formação básica ampliada no curso de Engenharia? Ou seja, como oportunizar ao futuro engenheiro que, desde o momento em que ele ingressa na graduação, trabalhe com aspectos técnicos, mas ao mesmo tempo com questões sociais, econômicas e políticas, em uma formação de viés mais holístico? Esse é um primeiro grande desafio que nós, educadores que atuamos em cursos de Engenharia, precisamos enfrentar e refletir acerca de maneiras para que ele possa ser transposto.

Independentemente da forma como o curso de Engenharia esteja estruturado do ponto de vista curricular, é fundamental que, ao planejar e ministrar nossas aulas, tenhamos sempre em mente que, além de trabalhar os conteúdos previstos nos componentes curriculares, é primordial recorrer a estratégias que possibilitem aos estudantes começar a pensar efetivamente como engenheiros. Trata-se de formar sujeitos com capacidade de reflexão e com potencial de contribuição social, profissionais que precisam atuar de maneira abrangente, não apenas sob um viés técnico e matemático, mas também a partir de uma perspectiva socialmente fundamentada.

Ao discutir, por exemplo, na Engenharia Civil a respeito de construções, além de contemplar, nessas discussões, as questões técnicas e estruturais é fundamental provocar os estudantes para que reflitam acerca das condições sociais vinculadas à situação. Se pensarmos, como exemplo, na construção de um conjunto habitacional popular, temos que estimular que os futuros engenheiros discutam questões relacionadas às condições de construção dessas habitações, ao financiamento da obra e, conseqüentemente, às políticas públicas e à avaliação econômica do mercado. Do mesmo modo, precisa-se pensar

em termos de planejamento urbano, uma vez que são muitos os casos de conjuntos habitacionais populares construídos em áreas totalmente periféricas, o que dificulta a vida dos moradores caso não sejam implementadas outras ações, simultaneamente à inauguração desses conjuntos.

Um aspecto que, na visão dos autores deste capítulo, pode contribuir de maneira bastante significativa para potencializar essa formação básica mais abrangente do futuro engenheiro é dar a ele condições de desenvolver competências comunicacionais. É preciso, portanto, nos diferentes componentes curriculares que constituem o curso de Engenharia, especialmente naqueles voltados à formação básica do estudante, criar espaços institucionais nos quais a produção textual, orientada pela escrita científica, possa ser percebida como parte fundamental do percurso formativo do graduando em Engenharia, uma vez que a incorporação da escrita científica e da comunicação clara em diferentes momentos do curso é indispensável para a formação de profissionais completos, capazes de articular conhecimento técnico com competências sociais. Em síntese, na formação do engenheiro, a comunicação deve ser compreendida como uma competência estratégica para o desenvolvimento profissional e para a efetiva contribuição da Engenharia na sociedade.

É preciso que fique claro ao leitor que, neste capítulo, ao nos posicionarmos em prol de uma formação básica ampliada para o futuro engenheiro, não estamos propondo a inserção de mais uma infinidade de disciplinas nas matrizes curriculares dos cursos. O que defendemos é que o trabalho com competências sociais, comunicacionais, de sustentabilidade e muitas outras aconteça de maneira integrada nos diferentes componentes curriculares que já estão inseridos nesses cursos de Engenharia. Argumentamos em prol da conscientização da necessidade de contemplarmos os aspectos que discutimos neste texto e mais muitos outros que não mencionamos como um todo articulado que é parte da base de conhecimentos fundamentais ao futuro engenheiro.

Em nossa perspectiva, é preciso que os professores tenham clareza de que, por exemplo, ao inserir discussões acerca de sustentabilidade em uma aula de Matemática, por meio, dentre outras estratégias, de tarefas exploratório-investigativa, poderão simultaneamente trabalhar com o desenvolvimento de diferentes competências essenciais ao futuro engenheiro, como a argumentação, a escrita científica, a tomada de decisões e as competências sociais e éticas.

Para desenvolver esse tipo de trabalho, entendemos que os professores de diferentes áreas precisam também se unir e atuar de

forma colaborativa. Por exemplo, em uma aula destinada ao desenvolvimento das competências comunicacionais de um futuro engenheiro, pode ser interessante a colaboração de um professor de Cálculo Diferencial e Integral para discutir com os estudantes como a argumentação em língua portuguesa dialoga com a argumentação em Cálculo para justificar, sob o ponto de vista matemático, o comportamento de um determinado fenômeno. Do mesmo modo, em alguns momentos das aulas de Cálculo, a colaboração de um professor língua portuguesa pode ser muito oportuna para explicar aos estudantes o porquê, sob a perspectiva linguística, deles não estarem sabendo argumentar a respeito de determinada questão, explicar um determinado fato matemático.

Temos plena clareza das dificuldades, de diferentes naturezas, existentes nas instituições de ensino superior em acabar com as 'caixinhas' já estabelecidas (as disciplinas, as unidades curriculares etc.) e trabalhar o tempo todo de modo integrado, mas precisamos que o trabalho colaborativo se torne viável pelo menos em alguns momentos. É necessário que, ao menos esporadicamente, possamos contar com a colaboração, em nossas aulas, de colegas docentes de outras áreas de conhecimento, sempre visando a realização de discussões que possam ser enriquecedoras para os futuros engenheiros.

A implementação de uma formação básica ampliada na Engenharia requer também que o professor que atua nesses cursos compreenda que já não basta mais ele ficar restrito à sua área de conhecimento, à sua disciplina. Ele precisa estar aberto para conhecer as demais áreas que compõem o curso. É claro que essa inserção em outras áreas, de modo algum, será com o conhecimento, com a *expertise* de alguém que nelas se formou. O que é essencial é o docente estar disponível para entender um pouco das questões de outras áreas de conhecimento, que não a sua de formação, que perpassam a formação e a atuação do engenheiro no contexto do século XXI. A sociedade atual exige de nós docentes que tenhamos conhecimentos cada vez mais abrangentes.

Uma possível estratégia para começarmos a nos apropriar também das questões das outras áreas de conhecimento que compõem a matriz curricular da Engenharia é assistir algumas aulas de nossos colegas: um matemático assistir a aula de um biólogo, um professor de língua portuguesa assistir a aula de um engenheiro agrônomo, um engenheiro civil assistir a uma aula de um estatístico etc. Essa pode ser uma forma de percebermos como são as diferentes visões de mundo, provenientes das diferentes áreas que constituem sua formação, apresentadas ao futuro engenheiro durante sua graduação.

Podemos afirmar então, para finalizar esse capítulo, que a implementação de uma formação básica ampliada na Engenharia requer, em última instância, um novo posicionamento do professor que atua nesse curso. Ele precisa estar pronto e encorajado para se aventurar por caminhos que nem sempre lhe serão seguros ou confortáveis. Talvez os estudantes façam perguntas para as quais ele não saiba a resposta e, neste momento, ele precisa estar suficientemente seguro e consciente para reconhecer isso e dizer “eu não sei a resposta”, “eu não sei te dizer”, “vamos procurar juntos em alguma ferramenta de IA e tentar chegar a uma resposta”, “vou pesquisar melhor e na próxima aula continuamos a discussão” etc. O professor precisa sentir-se motivado e confiante para entrar em sala de aula e agir deste modo. Deve, por fim, ter clareza de que oferecer aos futuros engenheiros uma formação básica na qual as discussões oportunizadas são tão ricas e diversas que o próprio docente, em alguns momentos, pode não ter respostas imediatas é algo com potencial de ser muito educativo aos estudantes e contribuir verdadeiramente para a formação do engenheiro que a sociedade atual necessita.

Esperamos que a leitura desse capítulo possa estimular e encorajar os professores a aprofundarem as discussões que propusemos e, cada vez mais, atuarem de modo mais orientado às ideias que apresentamos!

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. F. de. **A educação em engenharia sob a perspectiva da formação humanista**: uma análise em um contexto pós-pandemia. 2024. 216 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Porto Alegre, 2024.

ALMEIDA, E.; GODOY, E. V. A evasão nos cursos de engenharia: uma análise a partir do COBENGE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., Natal, 2016. **Anais** [...]. Natal: UFRN, 2016.

ALSINA, Á. On integrating mathematics education and sustainability in teacher training: why, to what end and how? In: ORTEGA-SÁNCHEZ, D. (Ed.). *Controversial issues and social problems for an integrated*

disciplinary teaching. Cham: Springer, 2022. v. 8, *Integrated Science*. p. 15-35. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08697-7_2.

ANDRADE NETO, M.; MAZZETTO, S. E. Mútua Cooperação entre Estudantes como Estratégia de Inclusão Através da Educação. **PerCursos**, Florianópolis, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/percursos/article/view/1502>. Acesso em: 15 ago. 2023.

APPLE, Michel. **Ideologia e Currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982.

BALDISSERA, J. B.; MEURER, S. T.; LINGNAU, C. M. Comunicação oral e escrita no curso de Engenharia de Alimentos: um relato acadêmico. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 42, p. 380-390, 2023. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/2149/1146>. Acesso em: 14 ago. 2025.

BOURDIEU, P. **A distinção**. Trad. Daniela Kern. São Paulo: Edusp, 2008.

BOURDIEU, P. **Os usos sociais na ciência**. Trad. Denice Bárbara Catani. São Paulo: UNESP, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Parecer CNE/CES Nº: 1/2019, homologação publicada no DOU de 23/4/2019, 2019.

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

BRYM, R. *et.al.* **Sociologia: sua bússola para um novo mundo**. São Paulo: Thonson, 2006.

CAMACARO, O. Las competencias blandas en la formación del ingeniero. **Revista Ingenium**, Universidad Yacambú, v. 2, n. 2, p. 74–90, 2024.

CAMPOS, J. P. de *et al.* Explorando a aprendizagem cooperativa através do Programa FOCCO: desempenho dos alunos em Álgebra Linear no curso de Engenharia Civil. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 42, 2023. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/2186>

CONTRERAS, M. *Ingeniería civil matemática*. Santiago: Universidad de Chile, 2013. Disponível em: <https://www.uchile.cl/carreras/4974/ingenieria-civil-matematica>. Acesso em: 29 jan. 2026.

D'INTIGNANO, B. M. **A fábrica de desempregados**. Trad. Maria Helena Kühner. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

DEAQUINO, C. T. E. **Como aprender**: andragogia e as habilidades de aprendizagem, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

ELIAS, N. **Escritos e Ensaios**. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

FERREIRA, C. *et al.* Engineering education challenges and strengths: reflecting on key-stakeholder's perspectives. **Frontiers in Education**, v. 9, p. 1–11, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1297267>.

FERREIRA, N. S. C. (org.). **Políticas públicas e gestão da educação**: polêmicas, fundamentos e análises. Brasília: Liber Livro Editora, 2006.

FONTES, L. S.; GONTIJO, C. H. O ensino de cálculo nas universidades brasileiras e a compreensão do conceito de limite. **Vidya**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 42, n. 2, p. 165–180, 2022.

FORCAEL, E.; GARCÉS, G.; LANTADA, A. D. Convergence of educational paradigms into Engineering Education 5.0. In: *World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)*, 2023. **Anais [...]**: IEEE, 2023. p. 1-8.

GIDDENS, A. **A constituição da Sociedade**. Trad. Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. Trad. Raul Fiker. São Paulo: UNESP, 1991.

GOODSON, I. F. **Currículo: teoria e história**. Petrópolis: Vozes, 1995.

HABERMAS, J. **Técnica e ciência como “ideologia”**. Trad. Felipe Gonçalves da Silva. São Paulo: UNESP, 2014.

HAZELRIGG, G. A. Is it time for a new pedagogy for engineering education? In: ASEE Southeastern Section Conference, 2023. **Anais [...]**, 2023.

IFAL - INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS. **Projeto Pedagógico de Curso – Engenharia Elétrica**. Palmeira dos Índios, 2018.

JACÓ, R. M. de S.; ARAÚJO, N. M. C. de. A terceirização de serviços em empresas construtoras que aderiram ao PBQP-H. **III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. III SIBRAGEC. São Carlos, 2003.

KARJANTO, N. Teaching mathematical modeling for sustainability: enhancing interdisciplinary skills in students. **arXiv preprint**, arXiv:2312.02165, 2023.

KOLMOS, A. Education for the future. In: **Engineering for Sustainable Production**, 330, 2022.

KUZNETSOVA, H. A. **The significance of the trend towards the fundamentalisation of Higher Engineering Education**: Publishing House “Baltija Publishing”, 2024.

LACOSTE, Y. **Os países subdesenvolvidos**. São Paulo: Difel, 1983.

LANTADA, A. D. Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education. **International journal of engineering education**, v. 36, n. 6, p. 1814-1832, 2020.

LOACHAMÍN IZA, H. D *et al.* Enseñanza, aprendizaje y enfoque de la matemática en la ingeniería. **AlfaPublicaciones**, v. 5, n. 3.2, p. 6–20, 2023.

MAKRAMALLA, M. *et al.* Mathematics education for sustainable futures: a strengths-based survey of the field to invite further research action. **Educational Studies in Mathematics**, v. 119, n. 3, p. 535-556, 2025.

MANFREDI, S. M. **Educação profissional no Brasil**. São Paulo: Cortez, 2002.

MARCONDES, G. A. B.; MONTEIRO, B. de O.; YNOGUTI, C. A. O uso da metodologia Working Life Connected em Cursos de Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 52., 2024, Vitória. **Anais** [...]. Vitória: Abenge, 2024. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_artigo_com_capa.php/?cod_trab=4906. Acesso em: 14 ago. 2025.

MARINHO, H. N.; SIGNORINI, I. Percepção de dificuldades de leitura e escrita por ingressantes universitários que não passaram pelo vestibular. **Delta**, v. 38, n. 4, p. 1-29, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/delta/a/kwWRgR5nsmYnzY4NxVVQZsQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 ago. 2025.

MEJERAS RASTELLI, A.; CAZZOLA DUARTE, G. El desarrollo sostenible como responsabilidad emergente en la formación del ingeniero iberoamericano. **Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica**, v. 28, n. 1, p. 25–36, 2024.

MERCHÁN RUBIANO, S. M. **Sostenibilidad y equidad en la profesión de ingeniería: el urgente giro paradigmático para alcanzar la utopía**. 2024. Tese (Doutorado em Educação e Sociedade) – Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias de la Educación, Bogotá, 2024.

MOTTA, G. da S. O Que É um Artigo Tecnológico? **Revista de Administração Contemporânea**, v. 26, Sup. 1, e220208, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/nMMPggS7CzqkCfbyLtWYwyK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 ago. 2025.

MUNHOZ, A. V.; WEIZENMANN, T. **Da arte da aula e do exercício da docência universitária: desafios e perspectivas**. Lajeado: Univates, 2024.

MURTHY, D. N. P.; PAGE, N. W. Undergraduate engineering education for the future. In: **Education and Research for the Future: Engineering as an illustrative case**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 231-249.

NAIDOO, J.; REDDY, S. Embedding sustainable mathematics higher education in the fourth industrial revolution era post-COVID-19: exploring technology-based teaching methods. **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 1-19, 2023.

NASCIMENTO, J. L. do. A recuperação dos pré-conceitos do cálculo. In: XXVIII COBENGE 2000, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto p. 1472-1478.

NEVES, R. M. *et al.* Aprendizagem ativa para além da sala de aula: preparando estudantes de engenharia para construir um mundo mais justo e sustentável. In: TONINI, Adriana Maria; PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva (Org.). **ABENGE 50 anos: desafios de ensino, pesquisa e extensão na educação em engenharia**. Brasília: ABENGE, 2024. p. 159–211.

OLIVEIRA, C. T. de *et al.* Oficinas de Elaboração de Comunicação e Escrita Científica com Estudantes Universitários. **Psicol. cienc. prof.**, v. 34, n. 1, p. 252-263, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pcp/a/dYkf3hxcGwXWV9yKfLkkg5p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 ago. 2025.

OLIVEIRA, R. de. **A (des)qualificação da educação profissional brasileira**. São Paulo: Cortez, 2003. (Coleção questões da nossa época; v. 101).

OLIVEIRA, R. A. de *et al.* Formação docente para o trabalho interdisciplinar no ensino superior: uma revisão sistemática. **Revista Caderno Pedagógico, Curitiba**, v. 21, n. 7, p. 1-30, 2024. Disponível

em:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/download/5595/3975/16394>. Acesso em: 14 ago. 2025.

PASCHOIOTTO, W. P.; CUNHA, C. J. C. de A.; SILVA, S. M. da. Liderança no processo de inovação colaborativa no setor público: uma revisão integrativa. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. e2023-0037, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/KNpLv6SyPKx89SCRgMkRLkH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 ago. 2025.

PASICHNYK, N. *et al.* Construction of theoretical model for sustainable development in future mathematical teachers of higher education. *Universal Journal of Educational Research*, v. 8, n. 5, p. 2079–2089, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080546>.

PIMENTA, C. C. da C. *et al.* La ingeniería industrial y el desarrollo sostenible. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2025.

PINHO, E. M.; FERREIRA, C. A.; LOPES, J. P. As opiniões de professores sobre a aprendizagem cooperativa. **Rev. Diálogo Educ.**, Curitiba, v. 13, n. 40, p. 913-937, set./dez. 2013.

PINTO, B. F. e S.; SANTOS, C. B. dos. Práticas e eventos de letramento na universidade: o gênero projeto de pesquisa. **Revista Leitura**, v. 1, n. 74, p. 70-88, 2022. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistaleitura/article/view/13480>. Acesso em: 18 ago. 2025.

POCHULU, M. D.; FONT, V. Idoneidad didáctica de tareas de matemáticas reformuladas con inteligencia artificial. **Paradigma**, v. 46, n. 1, p. 1-25, 2025.

POCHULU, M. Inteligencia artificial generativa y su impacto en la educación matemática del siglo XXI. **Journal Sibemir**, v. 1, n. 1, p. 60–69, 2025.

PONTE, J. P. da; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. **Investigação matemática na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2003.

PONTE, J. P.; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

POSSAMAI, J. P.; PEREIRA, R. F.; FRENEDOZO, R. de C. O ensino de matemática com foco na sustentabilidade: uma abordagem interdisciplinar alinhada à Agenda 2030. **Educação Matemática Debate**, v. 9, n. 16, p. 1-15, 2025.

REHFELDT, M. J. H. *et al.* Estratégias e conjecturas de alunos de engenharia na resolução das tarefas investigativas. In: LI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2023. Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro.

RIBEIRO, A. E.; GUIMARÃES, I. F.; SILVA, S. E. Costa da. Aulas de Português na formação de engenheiros: expectativas e concepções de alunos e professores de instituição pública em Minas Gerais. **Scripta**, Belo Horizonte, v. 16, n. 30, p. 117-136, 2012. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/scripta/article/view/4243>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SANTOS, E. A.; CARGNIN-STIELER, M.; CAMARGO, S. Engineering education: interdisciplinary pedagogical practices in civil engineering. *Acta Scientiae*, v. 24, p. 202-229, 2023. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7244>

SANTOS, R. dos; MESQUITA, D. I. de A. A importância da escrita colaborativa no desenvolvimento de competências profissionais em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 52., 2024, Vitória. **Anais** [...]. Vitória: Abenge, 2024. Disponível em: https://www.abenge.org.br/sis_artigo_com_capa.php/?cod_trab=4928. Acesso em: 14 ago. 2025.

SANTOS, R. dos; SANTIAGO, M. E. V. Intervenção pedagógica para aprimoramento da escrita em cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 33, n. 2, p. 15-22, 2014. Disponível em:

<https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/225/188>.

Acesso em: 14 ago. 2025.

SCHLICHTING, T. de S.; SOUZA, A. C. de. Compreensão leitora e compreensão de linguagem técnica na área da Engenharia: um estudo psicolinguístico. **SCRIPTA**, Belo Horizonte, v. 27, n. 59, p. 148-180, 2023. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/scripta/article/view/28245>. Acesso em: 14 ago. 2025.

SODRÉ, R.; LAUDARES, J. B.; FURLETTI, S. Resolução de Problemas de Cálculo Diferencial e Integral Contextualizados na Engenharia Civil. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 67–90, 2023.

SOUSA NETO, M. L. de *et al.* “Impacto dos cursos introdutórios de Cálculo Diferencial e Integral para estudantes de Engenharia”. **Revista de Ensino de Engenharia (REE)**, v. 41, n.1, p. 412 – 421, 2022.

UNESCO — ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem**. Brasília: Unesco, 2017.

UNESCO. **Ingeniería para el desarrollo sostenible**. Unesco, 2021. Disponível em: <http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en>. Acesso em: 13 ago. 2025.

UNESCO. **Reimaginar nossos futuros juntos: um novo contrato social para a educação**. Unesco, 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000427835>. Acesso em: 23 jul. 2023.

VALDEZ ROJO, E. *et al.* Sostenibilidad y educación: resolución de problemas basados en las matemáticas desde un enfoque socioformativo. **Revista Universidad y Sociedad**, v. 13, n. 6, p. 134-143, 2021.

VALIANTE FILHO, F. **Educação 5.0 em engenharia**. 2025 178f. Tese (Doutorado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

VASQUEZ ORTIZ, C. *et al.* Integrating sustainability in mathematics education and statistics education: a systematic review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 19, n. 11, p. 1-16, 2023.