O FUTURO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

UMA ARTICULAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS EMPRESARIAIS E AS BOAS PRÁTICAS NAS UNIVERSIDADES



CNI
Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

O FUTURO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

UMA ARTICULAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS EMPRESARIAIS E AS BOAS PRÁTICAS NAS UNIVERSIDADES

Acesse a publicação
pelo QR Code abaixo.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI
Robson Braga de Andrade
Presidente

Gabinete da Presidência
Teodomiro Braga da Silva
Chefe do Gabinete – Diretor

Diretoria de Educação e Tecnologia – DIRET
Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor de Educação e Tecnologia

Diretoria de Inovação
Gianna Cardoso Sagazio
Diretora

Serviço Social da Indústria – SESI
Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente do Conselho Nacional

SESI – Departamento Nacional
Robson Braga de Andrade
Diretor

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor-Superintendente

Paulo Mól Júnior
Diretor de Operações

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI
Robson Braga de Andrade
Presidente do Conselho Nacional

SENAI – Departamento Nacional
Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor-Geral

Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira
Diretor-Adjunto

Gustavo Leal Sales Filho
Diretor de Operações

Instituto Euvaldo Lodi – IEL
Robson Braga de Andrade
Presidente do Conselho Superior

IEL – Núcleo Central
Paulo Afonso Ferreira
Diretor-Geral

Eduardo Vaz da Costa Junior
Superintendente

O FUTURO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

UMA ARTICULAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS EMPRESARIAIS E AS BOAS PRÁTICAS NAS UNIVERSIDADES



Brasília, 2021

CNI
Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

© 2021. CNI – Confederação Nacional da Indústria
© 2021. SESI – Serviço Social da Indústria
© 2021. SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
© 2021. IEL – Instituto Euvaldo Lodi
Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI
Diretoria de Inovação

FICHA CATALOGRÁFICA

F996

O Futuro da Formação em Engenharia: uma articulação entre as demandas empresariais e as boas práticas nas universidades / Confederação Nacional da Indústria, Serviço Social da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto Euvaldo Lodi. – Brasília: CNI, 2021.
254 p.: il.

1. Educação 2. Engenharia 3. MEI. 4. Inovação. I. Título

CDU: 37

CNI
Confederação Nacional da Indústria
Sede
Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040–903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3317–9000
Fax: (61) 3317–9994
http://www.portaldaindustria.com.br/cni/

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC
Tels.: (61) 3317–9989/ 3317–9992
sac@cni.com.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **9**
Robson Braga de Andrade

PREFÁCIO **13**
Gianna Sagazio
Luiz Roberto Curi
Osmar Barros Junior
Vanderli Fava de Oliveira

INTRODUÇÃO **17**
Zil Miranda

PARTE I: TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS E DEMANDAS EMPRESARIAIS

CAPÍTULO 1
A IMPORTÂNCIA DE UMA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA MAIS CONTEXTUALIZADA E ADERENTE AOS DESAFIOS DO SETOR AERONÁUTICO **29**
Luís Carlos Affonso

CAPÍTULO 2
A INOVAÇÃO E OS NOVOS ENGENHEIROS E ENGENHEIRAS NA CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA BRASILEIRA **47**
Arthur Costa Sousa

CAPÍTULO 3
O FUTURO DA ENGENHARIA NA PERSPECTIVA DA ARCELORMITTAL **65**
Paula Harraca

PARTE II: BOAS PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

CAPÍTULO 4
EXPERIÊNCIAS DO SENAI-CIMATEC NA REFORMULAÇÃO DA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA: DO DESENHO CURRICULAR À AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM **85**
Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz
Marcelle Rose da Silva Minho
Rafael Gonçalves Bezerra de Araújo
Sayonara Nobre de Brito Lordelo
Tarso Barreto Rodrigues Nogueira

CAPÍTULO 5
OS CURSOS DE ENGENHARIA NO INSPER **103**
Irineu Gianesi

CAPÍTULO 6
INOVAÇÕES CURRICULARES PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – CONTRIBUIÇÕES DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA 121
Marcello Nitz
Joseph Youssif Saab Jr.
Claudio Luiz Foltran Rodrigues
Hector Alexandre Chaves Gil
Eduardo Nadaleto da Matta
Octavio Mattasoglio Neto
José Roberto Augusto de Campos
José Carlos de Souza Jr.

CAPÍTULO 7
RELAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA: DA PARTILHA DE VISÕES DE FUTURO E DESAFIOS À MODERNIZAÇÃO DOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA ALAVANCANDO A INOVAÇÃO E O PROTAGONISMO DOS ESTUDANTES 139
Gustavo Henrique Bolognesi Donato

CAPÍTULO 8
A TRANS-FORMAÇÃO DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NA UNISINOS: FORMANDO HOJE OS ENGENHEIROS DO FUTURO..... 159
Tatiana Louise Avila de Campos Rocha
Mauricio Mancio
Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino
Fernanda Pacheco
Jeferson Ost Patzlaff
Daniel Reis Medeiros
Amanda Gonçalves Kieling
Cristina Kroeff Schmitz Gibk
Cristiane Maria Schnack
Gustavo Severo de Borba
Sandro José Rigo

CAPÍTULO 9
A EXPERIÊNCIA DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG: CONSTRUINDO A ESCOLA DE ENGENHARIA QUE SE DESEJA TER 179
Alessandro Fernandes Moreira

CAPÍTULO 10
AS DCNs NA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO 199
José Aquiles Baesso Grimoni
Antonio Carlos Seabra
Edvaldo Simões da Fonseca Junior
Henrique Lindenberg Neto
Roseli de Deus Lopes
Eduardo de Senzi Zancul
Fernando Josepetti Fonseca
Liedi Legi Bariani Bernucci

CAPÍTULO 11
CONSTRUÇÃO DE CURRÍCULO POR COMPETÊNCIAS NAS ENGENHARIAS: LIÇÕES APRENDIDAS NA PUCPR 221
Elisangela Ferretti Manffra
Francine Valenga
Ricardo Alexandre Diogo
Ricardo José Bertin
Tiago Francesconi
Andreia Malucelli

CAPÍTULO 12
MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO PEDAGÓGICO BASEADO EM COMPETÊNCIAS..... 237
Rodrigo M. A. Almeida
Danilo H. Spadoti
Egon L. Müller
Giscard F. C. Veloso
Luis H. C. Ferreira
Milady R. A. da Silva
Rondineli R. Pereira
Luiz L. G. Vermaas

APRESENTAÇÃO

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) vem defendendo, há mais de 10 anos, a melhoria da educação em engenharia no país. Esse objetivo foi assumido também pela Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), movimento de lideranças empresariais coordenado pela CNI, que tem se dedicado ao avanço do tema por meio de seu Grupo de Trabalho (GT) de Engenharia-STEAM (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática, na sigla em inglês).

Trata-se de uma ação prioritária para a CNI e para a MEI, diante da urgente necessidade de preparar engenheiros para a quarta revolução industrial, transformação digital com enorme impacto nas nossas vidas e empresas. Precisamos de profissionais que desenvolvam as novas tecnologias digitais – como inteligência artificial, *big data*, *machine learning* e robótica avançada. Recursos humanos qualificados, flexíveis e inovadores serão cada vez mais necessários nessa corrida tecnológica.

A qualidade da educação ainda tem sido a principal dificuldade para o Brasil avançar no desenvolvimento dessa tecnologia do futuro. Uma sondagem sobre a Indústria 4.0, realizada pela CNI em 2016, revelou que pouco menos da metade das indústrias consultadas usava ao menos uma tecnologia digital dentre as 10 listadas na pesquisa. A principal barreira externa apontada pelas empresas para a adoção era a falta de trabalhadores qualificados.

A pandemia da Covid-19 acelerou o uso de algumas inovações. Mas as empresas ainda enfrentam a carência de recursos humanos qualificados no mercado, sobretudo profissionais com competências em tecnologia da informação e comunicação, essenciais na indústria digitalizada e intensiva em conhecimento. Precisamos de um novo perfil de profissionais para enfrentar os desafios que emergem, combinando conhecimento técnico com habilidades como criatividade, empreendedorismo, visão sistêmica, capacidade de desenvolver projetos, aptidão para trabalho em grupo, facilidade de comunicação e abertura para o aprendizado contínuo.

O GT de Engenharia-STEAM foi estruturado, em 2016, para encontrar formas de responder eficientemente a esse desafio. O grupo recebeu adesões importantes, sempre atuando em articulação com outros agentes do ecossistema nacional de inovação, como o Conselho Nacional de Educação (CNE), a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea). Esse esforço coletivo resultou, em 2019, na aprovação de novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de Engenharia.

Como desdobramento desse trabalho conjunto, em 2020, foi organizado o primeiro ciclo de debates on-line sobre implantação das novas DCNs de Engenharia. Foram realizados cinco encontros com apresentações de representantes da indústria e do meio acadêmico. As empresas comentaram as tendências tecnológicas em seus respectivos setores, as demandas para a Engenharia e inciativas de cooperação com as universidades. Cada instituição de ensino compartilhou o andamento do processo de atualização dos currículos e de adaptação às novas DCNs que entraram em vigor em 2019. Os *webinars* estão disponíveis para o público no canal da CNI no YouTube.

Os encontros foram muito ricos e diversificados, o que levou a MEI a organizar essa publicação de modo a registrar, com maior detalhe, os temas abordados. Reunimos, aqui, uma pequena, porém relevante, amostra do esforço de algumas universidades brasileiras para oferecer uma educação de excelência, que dialogue com nosso tempo e vise preparar os estudantes para desenvolver soluções aos diversos desafios da humanidade.

Como será possível notar, são instituições preocupadas em acompanhar as tendências no exterior e no Brasil, que procuram utilizar as melhores práticas de educação em engenharia, com um maior diálogo com a sociedade ao longo do processo de formação. Mesmo que em estágios e com abrangências diferentes, esses movimentos devem ser celebrados e disseminados, pois sinalizam uma mudança positiva na cultura das instituições. Por esse motivo, merecem o apoio da CNI e da MEI em sua divulgação.

Ao trazer também a perspectiva de algumas empresas, que relatam o que vislumbram no horizonte, pretende-se, em alguma medida, estimular essa aproximação entre o mundo empresarial e o acadêmico. Afinal, debater o futuro da formação em Engenharia exige considerar as demandas do mercado e da sociedade e uma maior integração entre universidades e empresas.

Boa leitura.

Robson Braga de Andrade
Presidente da CNI



PREFÁCIO

Os países estão vivendo a transição do mundo analógico para o digital. No setor industrial, esse movimento representa a substituição da produção industrial intensiva em materiais e mão de obra, como a entendíamos até por volta dos anos 1990, por uma produção cada vez mais automatizada e intensiva em conhecimento. Os impactos dessa mudança são sentidos na organização social, nos modelos de negócios, na sustentabilidade econômica e na dinâmica do mercado de trabalho, inclusive criando novas ocupações que demandam novos perfis profissionais.

Essa transformação no mundo das empresas, que se acelerou a partir dos anos 2000 com a disseminação de tecnologias digitais, precisa ser acompanhada pelas instituições de educação – do ensino básico ao superior –, afinal, todas têm o compromisso de formar cidadãos que, cedo ou tarde, começarão sua trajetória profissional. A fim de que estejam mais preparados para essa jornada, é preciso assegurar o acesso à educação de qualidade, em sintonia com as tendências e demandas da sociedade e do mercado.

Nesse debate, economia e educação são lados de uma mesma moeda. No Brasil, muitas vezes, essa aproximação confunde-se como sendo sinônimo da mercantilização da educação ou como uma educação colocada a serviço das empresas. Mas não é disso que se trata. O ponto-chave é que precisamos de uma educação que prepare as gerações para os desafios que vão enfrentar ao longo da vida, seja pessoal ou profissional, a fim de construírem uma sociedade melhor. Para tanto, precisamos de instituições educacionais permeáveis aos problemas da sociedade e do mercado, que estejam orientadas a preparar as pessoas para encontrar respostas a questões como: *de que forma podemos usar a tecnologia para levar educação, saúde e segurança para todos que precisam?*

A construção de um futuro com mais inclusão, mais equilíbrio, mais bem-estar passa por desenvolver tecnologias e inovações que melhorem a qualidade de vida das pessoas. Isso se faz com uma indústria inovadora, dotada de uma engenharia de ponta. Essa é a razão pela qual não podemos dissociar educação e mercado, educação e capacidade de inovação.

A Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), movimento de lideranças coordenado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), juntamente com a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), integraram um grande esforço de mobilização com o Conselho Nacional de Educação (CNE), no sentido da aprovação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de Engenharia por aquele órgão. A participação das empresas, indústrias e sociedade

civil foi estratégica e ensejou amplo debate no âmbito das Engenharias, a fim de superar modelos de cursos tradicionais, em que predominam atividades restritas às salas de aula, visão conteudista, pouco associada à prática e ao desenvolvimento de competências. Em linha com o que se vê em escolas de referência mundo afora, as Diretrizes que entraram em vigor em 2019 permitem fazer nossas instituições caminharem rumo a modelos mais flexíveis, centrados nos alunos, em competências, em perfis de formação adequados, na experimentação e no diálogo permanente com a sociedade desde os primeiros anos da graduação. Defendem, entre outras premissas, o compromisso com a educação que não dissocie a teoria da prática, a cultura de projetos interdisciplinares – em que experiências colaborativas com as humanidades são bem vindas –, o olhar atento sobre as necessidades da sociedade e das empresas, a perspectiva do empreendedorismo, a compreensão de que o processo pedagógico deve ser constantemente revisto e adaptado para acompanhar a dinâmica da sociedade e, assim, assegurar a formação de profissionais capazes de responder aos desafios da contemporaneidade. Em síntese, foram desenhadas com vistas a induzir um movimento abrangente de modernização dos programas e currículos de Engenharia do País, em sintonia com as principais tendências no exterior.

O trabalho em torno das novas Diretrizes não parou com a Resolução do CNE. A MEI/CNI, Confea, Abenge uniram-se novamente ao CNE e têm conduzido diversas atividades junto aos cursos de Engenharia como forma de manter a mobilização contínua e estimular as instituições de ensino superior na construção de novas políticas institucionais curriculares com base nas DCNs. As empresas também estão sendo convidadas a participar e sentirem-se parte do processo de formação, dada sua condição de interlocutores importantes para a definição dos perfis desejados, dos currículos, para a oferta de projetos desafiadores e treinamentos em consonância com as necessidades atuais e futuras.

Entre as ações lideradas pelas instituições parceiras (MEI/CNI, CNE, Abenge e Confea) para que as DCNs se tornam uma realidade nas escolas está a organização do *Documento de Apoio à Implantação das DCNs de Engenharia*, lançado em junho de 2020. Já com o propósito de acompanhar os processos de implantação, trazendo empresas e instituições de ensino para essa agenda, o mesmo grupo organizou o *Ciclo de Debates Online sobre a Implantação das DCNs de Engenharia*, no segundo semestre de 2020, convidando empresas que participam da MEI e instituições de ensino superior para comentar suas tendências e demandas, no caso do setor empresarial, e boas práticas, erros e acertos no esforço de mudança da cultura pedagógica, no caso das organizações de ensino. Com o objetivo de fazer esse ciclo de debates repercutir para um público ainda mais amplo, de forma didática e acessível, este livro compilou diversas das experiências e visões então compartilhadas. É possível afirmar que, cada um a seu modo, os 12 artigos aqui reunidos jogam luz sobre o futuro da formação em Engenharia, mostrando desafios, dificuldades,

mas especialmente os caminhos possíveis para avançarmos em direção a uma verdadeira Engenharia do século XXI.

Esse debate é da maior relevância. Basta lembrar que o Brasil ficou em 62º colocado na edição do Índice Global de Inovação de 2020, que reuniu 131 países. O número não é compatível com o tamanho da economia brasileira, nem tampouco com seu potencial. Em que pese a melhora desse desempenho depender de fatores que vão muito além da educação, não há dúvidas de que carências de formação nas áreas científicas e tecnológicas, como a Engenharia, que é o coração da inovação, são parte importante desse processo. É urgente dar prioridade à formação de excelência de profissionais que atuarão na linha de frente da inovação, desenvolvendo ou adaptando tecnologias com vistas ao sucesso das empresas no mercado. A capacitação da mão de obra, que já era uma demanda antiga do setor produtivo, tornou-se determinante para avançarmos no contexto da Indústria 4.0 e, assim, levar a indústria de transformação brasileira a ganhar competitividade e mudar de patamar. O processo de inovação é iniciado, em grande medida, na adequada formação superior e na pesquisa de impacto científico e econômico.

Gianna Sagazio
Diretora de Inovação da CNI

Luiz Roberto Curi
Conselheiro do CNE

Osmar Barros Junior
Superintendente de Integração do Sistema Confea-Creas

Vanderli Fava de Oliveira
Presidente da Abenge



INTRODUÇÃO

A Engenharia tem papel central na solução de desafios globais e, portanto, no desenvolvimento econômico e na melhoria das condições de vida da população. Contribui, dessa forma, para a melhoria do presente e o desenho e a construção do futuro.

As instituições de ensino superior (IESs), responsáveis pela formação desses profissionais, ocupam uma posição-chave como espaços de excelência para a construção desse ativo nacional, voltado para dar respostas eficazes aos desafios econômicos e sociais. Cientes dessa missão, universidades em todo o mundo se esforçam para se adaptar às rápidas transformações tecnológicas e econômicas globais, por reconhecer que os atuais métodos e conteúdos de ensino mostram-se insuficientes ou inadequados para preparar seus alunos em um mundo cada vez mais conectado e digitalizado. Por isso, entendem que é imprescindível implementar reformas no ensino de graduação em Engenharia para garantir que seus egressos estejam preparados para atender às complexas questões colocadas para as empresas e para toda sociedade[1].

As escolas mais avançadas estão engajadas em processos de transformação institucional, de modo a viabilizar a construção ou adoção de modelos pedagógicos educacionais mais centrados no aluno, no aprendizado baseado em projetos (socialmente relevantes), na valorização do empreendedorismo, da inovação e da dinamização da docência. Essa reengenharia institucional, profundamente marcada pela interação sistêmica e multidisciplinaridade, se orienta por princípios de equidade, diversidade e inclusão.

As escolas de Engenharia atuam de forma inequívoca em direção a mudanças amplas, distintas das modificações pontuais, restritas a algumas disciplinas ou agrupamento de professores ou áreas. Para que sejam bem-sucedidas e sustentáveis ao longo do tempo, as universidades consideram o realinhamento de todo o currículo e do projeto pedagógico. Mais ainda, procuram envolver todas as lideranças institucionais e o corpo docente para garantir que as mudanças sejam efetivamente bem implementadas.

Longe de estar restrito a escolas de países emergentes ou com menor *performance* em *rankings* internacionais, esse movimento de transformação é observado em diversas universidades reconhecidas globalmente por sua excelência, como o Massachusetts Institute

1 Uma série de estudos conduzidos por Ruth Graham, tendo por base importantes experiências internacionais, jogam luz sobre o assunto. Entre eles estão: **Achieving excellence in engineering education:** the ingredients of successful change**.** The Royal Academy of Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2012; **The global state of the art in engineering education**. MIT, School of Engineering, 2018; **Improving University Reward for Teaching:** a roadmap for change. 4TU, Centre for Engineering Education, 2019.

of Technology (MIT). Em 2016, com a proposta de reimaginar e repensar a educação em Engenharia do instituto, o MIT criou o programa *New Engineering Education Transformation* (NEET), centrado em tecnologias e máquinas do futuro. Para dar conta das novas tendências, uma educação compartimentalizada e organizada em áreas específicas não seria adequada. Assim, o NEET foi concebido como um "esforço interdepartamental com foco na aprendizagem integrativa e centrada em projetos", visando preparar os alunos para a resolução de problemas relacionados a máquinas e materiais avançados, máquinas autônomas, cidades digitais, energias renováveis e máquinas e sistemas no campo da biotecnologia. Seguindo uma dessas trilhas, o aluno deveria ser estimulado a desenvolver não somente as competências técnicas, mas também as habilidades interpessoais requeridas no mercado de trabalho, recebendo, ao final da jornada, um certificado NEET[2]. Essa iniciativa foi uma das formas que o MIT encontrou de criar uma nova abordagem educacional, mais flexível, não prescritiva e em diálogo com os desafios globais de Engenharia.

Na América Latina, a Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) é apontada como uma liderança emergente em educação de Engenharia[3]. O processo de revisão e modernização dos seus cursos ganhou impulso a partir de 2014, com o lançamento do projeto *The Clover – Ingenieria 2030*, uma parceria entre a PUC e a Universidad Técnica Federico Santa María. O projeto foi desenhado em resposta ao programa do governo *Nueva Ingenieria para el 2030,* que visa promover uma mudança curricular e organizacional ambiciosa nas universidades do País. Assim, a fim de "ajudar o Chile a alcançar o *status* de país desenvolvido", a PUC apontou ser necessário que as escolas de Engenharia chilenas evoluam de boas para ótimas, tornem-se instituições de excelência em nível global e sejam capazes de oferecer novas tecnologias dentro e fora do país[4]. Nesses termos, têm sido promovidas mudanças nas formas de ensino e aprendizagem no sentido de priorizar a educação centrada no aluno, que combina multidisciplinaridade, foco no usuário da tecnologia, responsabilidade social e forte interação com a indústria e a sociedade – a título de exemplo, os alunos são induzidos a desenvolver soluções para desafios enfrentados pela população em áreas como habitação, saúde e tratamento de resíduos[5].

A busca por novos modelos educacionais também marcou a criação de novas escolas, como o Franklin W. Olin College of Engineering, que tem contribuído para disseminar muitos desses preceitos inovadores. O Olin College foi criado em

2 Para mais informações, sugere-se consultar: https://neet.mit.edu/.

3 Conforme levantamento apresentado por Graham, R. **The global state of the art in engineering education**. MIT, School of Engineering, 2018. Disponível em: https://www.rhgraham.org/resources/Global-state-of-the-art-in-engineering-education---March-2018.pdf. Acesso em 28 maio 2021.

4 Para mais informações sobre o projeto, sugere-se consultar: https://www.ingenieria2030.org/descripcion/. Acesso em 29 maio 2021.

5 Para mais informações sobre o caso da PUC, sugere consultar: GRAHAM, R. **Snapshot review of engineering Education reform in Chile**. Unesco, Aalborg University, PUC, 2017; CELIS, S., HELLIGER, I. Redesigning Engineering Education in Chile: How Selective Institutions Respond to an Ambitious National Reform. **2016 ASEE Annual Conference**, New Orleans, LA, 2016.

1997, iniciando sua primeira turma em 2002, com a proposta de se contrapor ao que via como um formato de ensino superior ainda refém do modelo industrial do século XIX e pautado pela transferência de conhecimento, por estruturas curriculares rígidas, métodos pedagógicos obsoletos e departamentos isolados. Assim, priorizou desde o início um aprendizado experimental baseado em projetos, em que os alunos são estimulados a aprender de forma independente e a usar seu conhecimento para gerar valor produzindo resultados de impacto. Segundo seu fundador, Richard Keith Miller, que permaneceu à frente da escola até 2020, entre outras lições que podem ser aprendidas com a experiência do Olin estão[6]:

- *Importância do envolvimento dos alunos no processo de formação*. A Engenharia é vista pela escola como processo que deve ser exercitado, não um conjunto de conhecimento que é absorvido pelo aluno. Por isso, é importante dar oportunidade para que os alunos desenvolvam projetos para a solução de problemas, que aprendam por conta própria e superem suas expectativas, o que aumenta a motivação para o curso;
- *Compreensão de que a busca da inovação contínua requer um compromisso contínuo*. É preciso fomentar uma cultura de aprimoramento permanente. Para isso, o corpo docente é reunido anualmente para revisar a eficácia do modelo educacional e propor melhorias, com base nas avaliações disponíveis. Além disso, um comitê monitora e sugere melhorias no programa, o que resulta em uma alta taxa de substituição e renovação de cursos.

Fundamentalmente, o Olin College distingue-se por valorizar um modelo educacional que prioriza a aprendizagem experimental, baseada em grupos colaborativos de projetos, o pensamento empreendedor, a motivação intrínseca e a autonomia dos alunos para construir sua trajetória de formação, levando em consideração o contexto, questões éticas, ambientais e de sustentabilidade que afetam a atividade da Engenharia. Esses aspectos estão mais disseminados hoje em dia. Mas a experiência exitosa dessa escola em combiná-los foi fundamental para estimular instituições mundo afora, inclusive no Brasil.

Ao lado do Olin College e da PUC, a Singapore University of Technology and Design (SUTD) também é considerada uma das instituições líderes emergentes em educação de Engenharia[7], tendo também um histórico de criação recente (2012). Sua proposta é promover o conhecimento e formar lideranças com forte embasamento técnico-científico, criativas e inovadoras para atender às necessidades da sociedade e contribuir para o

6 MILLER, R. K., Lessons from the Olin College Experiment. **Issues in Science and Technology**. Vol. XXXV, nº 2, 2019. Disponível em: https://issues.org/lessons-from-the-olin-college-experiment/. Acesso em 29 maio 2021.

7 Segundo o mesmo levantamento anteriormente citado.

crescimento econômico nacional[8]. Seu projeto pedagógico, desenhado em parceria com o MIT, enfatiza a aprendizagem interdisciplinar e a forte interação com a indústria, tendo o *design* como aspecto central. Assim, o currículo está organizado em projetos multidisciplinares, que abrangem vários cursos e se desenvolvem ao longo da trajetória escolar. Essa forte conectividade entre equipes de ensino, cursos e alunos é apontada como um diferencial da SUTD.

A repercussão positiva de experiências inovadoras como as brevemente elencadas, permitem afirmar que é crescente o movimento de renovação na educação em Engenharia, cujo espectro vai das escolas tradicionais às mais recentemente criadas. Mais ainda, é relevante a percepção de que essas novas tendências estão alinhadas a demandas apresentadas há tempos pelo setor empresarial. Não custa lembrar que, ainda, no início dos anos 1990,a Boeing divulgou o que considerava o perfil desejado para profissionais da Engenharia, que teria como atributos[9]:

- Boa compreensão dos fundamentos da Engenharia (matemática, física, ciências da vida, tecnologias da informação).
- Boa base em *design* e processos de produção.
- Perspectiva multidisciplinar.
- Entendimento do contexto em que a Engenharia é praticada (ambiente, economia, história, necessidades sociais/do consumidor).
- Boas habilidades de comunicação (escrita, oral, gráfica, de escuta).
- Padrões éticos elevados.
- Habilidade para pensar de forma crítica e criativa, de forma independente e cooperativa.
- Flexibilidade – habilidade e autoconfiança para se adaptar a rápidas ou grandes mudanças.
- Curiosidade e desejo para aprender ao longo da vida.
- Profunda compreensão da importância do trabalho em equipe.

O relatório de 2020 do Fórum Econômico Mundial sobre o Futuro do Trabalho, em alguma medida, atualiza e amplia as primeiras demandas da Boeing, e destaca as competências que devem ser crescentemente requeridas dos novos profissionais[10]:

8 Para mais informações, sugere-se consultar: https://www.sutd.edu.sg/About-Us/Mission-and-Values.

9 GRAHAM, R. Global perspective on engineering higher education. **STEM Webinar**. Royal Academy of Engineering Education, 3 jun 2020.

10 WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2020**. 2020. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf. Acesso em: 30 maio 2021. Tradução livre.

- Pensamento crítico e analítico.
- Solução de problemas.
- Uso e desenvolvimento de tecnologia.
- Autogerenciamento (entendido como aprendizado ativo, resiliência, flexibilidade e tolerância).
- Trabalho em equipe.
- Gestão e comunicação de atividades.

Por muito tempo, esses atributos foram trabalhados de maneira acessória nos cursos, restritos a uma ou outra disciplina; todavia, cada vez mais norteiam o currículo de Engenharia das escolas mais avançadas e apontam para mudanças de rumo na conduta das instituições.

No Brasil, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do Curso de Graduação em Engenharia, aprovadas em 2019, dialogam com essas tendências. Para começar, compartilham da premissa de que é papel das universidades promover o desenvolvimento nos estudantes das competências requeridas no século XXI, a fim de que atuem como agentes de transformação da sociedade e contribuam para o avanço tecnológico e o desenvolvimento econômico e social. Para tanto, entendem ser necessário romper com antigas amarras ou modelos tradicionais de educação, como os cursos compartimentados e pouco sintonizados ao mercado. Inversamente, deve-se preparar os alunos para atuar em projetos e grupos interdisciplinares, desenvolver a visão sistêmica e se comunicar de forma clara, que são algumas das competências comumente exigidas pelo mercado.

Nesse processo de mudança de prioridades e de *mindset*, ganhou relevo a busca por maior integração dos cursos às necessidades da sociedade e da indústria. O futuro da formação em Engenharia não pode prescindir desses vínculos, sob pena de oferecer uma formação obsoleta ou distante das principais demandas. Por essa razão, as novas DCNs enfatizam a necessidade de que empresas e instituições de ensino cooperem intensamente no decorrer do processo de formação.

Este livro quer contribuir para aproximar a indústria e a academia para reorientar as mudanças nos cursos de graduação em Engenharia. Nesse sentido, reúne, na primeira parte, a visão de algumas empresas sobre as tendências em seu setor e experiências de parceria com universidades. Na segunda, traz as experiências de IESs para oferecer cursos em moldes mais modernos e alinhados às demandas da sociedade. O objetivo é jogar luz sobre *como* promover as mudanças requeridas, *como* iniciar e implementar novos processos institucionais. As experiências aqui relatadas trazem *insights* sobre as condições e estratégias priorizadas por algumas IES, a fim de oferecer modelos de educação alinhados ao contexto do século XXI.

Assim, na primeira parte, o capítulo de Luís Carlos Affonso, da Embraer, comenta tendências no setor aeroespacial, novas oportunidades de atuação no mercado que emergem e destaca atributos importantes para o exercício da Engenharia – a exemplo das competências que transcendem o domínio técnico, como é o caso da visão sistêmica. Ao relatar as parcerias mantidas pela empresa com o meio acadêmico, fica evidente a relevância atribuída a essa articulação e a expectativa de que as novas DCNs favoreçam a formação mais próxima à indústria.

No capítulo 2, Arthur da Costa Sousa, da Concremat, traz a visão da indústria de infraestrutura. Essa indústria tem sido fortemente impactada pelas tecnologias digitais e pela crescente preocupação com as questões ambientais, sociais e de governança (ASG). Para ajudar a superar as tendências historicamente mais conservadoras, o texto defende uma nova concepção da Engenharia, mais interdisciplinar, articulada à experiência profissional e alinhada às tendências e princípios dominantes no mundo empresarial, como a digitalização e as boas práticas ASG.

O texto de Paula Harraca, da ArcelorMittal, encerra a primeira parte. A autora compartilha pilares de atuação do grupo, como a sustentabilidade e a indústria 4.0, além de destacar o protagonismo conferido às pessoas, à cultura e à liderança na estratégia da empresa. O texto menciona vários exemplos de parceria estabelecidas com vistas à inovação no negócio, algumas com universidades.

A segunda parte do livro, dedicada às boas práticas de educação em Engenharia em IES, abre com os artigos de duas novas jovens instituições: Centro Universitário SENAI-Cimatec e Insper.

No capítulo 4, Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz, Marcelle Rose da Silva Minho, Rafael Gonçalves Bezerra de Araújo, Sayonara Nobre de Brito Lordelo e Tarso Barreto Rodrigues Nogueira relatam a experiência de inovação acadêmica da graduação em Engenharia do SENAI-Cimatec, a partir de alguns requisitos estabelecidos nas DCNs. A integração e a sinergia entre educação, tecnologia, empreendedorismo e inovação estão presentes na organização dos cursos em bases modernas na instituição, em um processo que envolve desde a reformulação das matrizes pedagógicas até alterações na infraestrutura. Conforme detalhado pelos autores, esse movimento tem sido marcado, ainda, por forte articulação entre teoria e prática, valorização da interdisciplinaridade, ênfase no desenvolvimento de *soft skills* e intenso relacionamento da instituição com o mercado.

O capítulo 5, de Irineu Gianesi, traz o caso do Insper, cujos primeiros cursos de Engenharia foram abertos em 2015, inspirados no Olin College, portanto, possuindo desde o início um viés inovador. O texto recupera brevemente a história dessas duas instituições, detalhando alguns aspectos da escola brasileira, como o método utilizado para o desenho de currículos e as formas de interação com o mercado, com destaque para o Projeto Final de Engenharia, um dos pontos altos dessa articulação com o setor empresarial.

Os três capítulos seguintes mostram as transformações por que têm passado três instituições privadas com tradição em cursos de Engenharia.

No capítulo 6, a experiência do Instituto Mauá de Tecnologia é compartilhada por Marcello Nitz, Joseph Youssif Saab Jr., Claudio Luiz Foltran Rodrigues, Hector Alexandre Chaves Gil, Eduardo Nadaleto da Matta, Octavio Mattasoglio Neto, José Roberto Augusto de Campos e José Carlos de Souza Jr. O texto explora parte das mudanças realizadas na instituição com vistas à formação do engenheiro do futuro, como a criação da Academia de Professores para apoiar a disseminação de novas metodologias de ensino e a condução de diversos projetos e atividades especiais para que os alunos desenvolvam competências desejadas pelo mercado e necessárias ao exercício da profissão, em um processo onde a interação com o setor empresarial também é considerada parte relevante da equação.

A relação universidade-empresa dá o tom do capítulo 7, de Gustavo Donato, que aborda a experiência do Centro Universitário FEI. Partindo do princípio que a aproximação academia-indústria é um dos elementos basilares para a modernização dos currículos, o autor apresenta diversas ações promovidas na FEI com esse propósito. Algumas delas são: constituição de um conselho com a participação de representantes do setor empresarial, a organização do Congresso FEI de Inovação e Megatendências 2050 e o desenvolvimento de projetos integradores ao longo dos cursos, preferencialmente voltados a problemáticas reais do mercado. Sendo adequadamente adaptado ao contexto e proposta pedagógica, o texto aponta que a relação com as empresas pode ser muito positiva para o processo de formação, com excelência, das futuras gerações.

A transformação da educação em Engenharia na Unisinos é tema do capítulo 8, elaborado por Tatiana Louise Avila de Campos Rocha, Mauricio Mancio, Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino, Fernanda Pacheco, Jeferson Ost Patzlaff, Daniel Reis Medeiros, Amanda Gonçalves Kieling, Cristina Kroeff Schmitz Gibk, Cristiane Maria Schnack, Gustavo Severo de Borba e Sandro José Rigo. Entre outras ações, a reestruturação que está em andamento tem buscado dar prioridade: ao desenvolvimento de competências transversais, a práticas curriculares mais próximas aos desafios do trabalho, que envolvem mais os alunos na solução de problemas de Engenharia, e à garantia de maior liberdade para que construam sua trajetória acadêmica. Por meio de iniciativas, como os Institutos Tecnológicos, Portal de Inovação e Tecnosinos (o parque tecnológico), a instituição mantém estreito contato com o setor empresarial.

Os dois capítulos seguintes se concentram no esforço de duas instituições públicas centenárias, que estão empenhadas em responder cada vez mais aos problemas da sociedade.

O capítulo 9, de autoria de Alessandro Fernandes Moreira, compartilha a trajetória de transformação curricular na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. O processo ancora-se em três pilares: estabelecimento de um ambiente favorável a mudanças, criação de um setor para dar sustentação a ações e projetos e definição de normas acadêmicas amigáveis. A partir desses princípios, têm sido desenvolvidas ações e projetos visando à modernização curricular, que compreendem, entre outros, solução de desafios pelos alunos desde o primeiro ano, oferta de espaços integrados de *coworking* e projeto final de curso com empresas. O autor aponta algumas dificuldades encontradas nesse percurso e conclui o texto com algumas recomendações.

A experiência da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) é relatada no capítulo 10, de José Aquiles Baesso Grimoni, Antonio Carlos Seabra, Edvaldo Simões da Fonseca Junior, Henrique Lindenberg Neto, Roseli de Deus Lopes, Eduardo de Senzi Zancul, Fernando Josepetti Fonseca e Liedi Legi Bariani Bernucci. O texto aborda o movimento que ganha força na escola, caracterizado pelo desenvolvimento de novas formas, ferramentas e ambientes de aprendizagem em resposta às novas demandas da comunidade e do mercado. Chama a atenção a estrutura curricular que começou a ser adotada a partir 2014, que incluiu aprendizagem por projeto e disciplinas com aplicações práticas desde o primeiro ano do curso, assim como módulos de especialização no último ano. Na busca por maior integração da inovação e do empreendedorismo ao currículo, têm sido viabilizados novos espaços, mais flexíveis e acessíveis à atividade criativa e integrada dos alunos, inclusive em parceria com o setor empresarial. A universidade tem investido também no aperfeiçoamento da política de acolhimento e no fortalecimento dos laços com a sociedade, o que inclui ações para o desenvolvimento de talentos em áreas científicas e de Engenharia ainda no ensino médio.

Os dois últimos capítulos se concentram na organização dos currículos por competências, um dos grandes desafios colocados pelas novas DCNs.

Assim, os autores Elisangela Ferretti Manffra, Francine Valenga, Ricardo Alexandre Diogo, Ricardo José Bertin, Tiago Francesconi e Andreia Malucelli relatam o processo de construção do currículo por competências nos cursos de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). O processo envolveu o engajamento de todos os níveis hierárquicos da instituição, incluiu consulta às empresas, foi realizado em etapas e contou com o suporte do Centro de Ensino e Aprendizagem aos gestores e docentes em relação às questões pedagógicas, como capacitação em novas metodologias e definição do referencial teórico que guiaria os novos currículos. O texto se debruça sobre os temas das competências comuns e disciplinas básicas dos currículos, comentando a formulação dos planos de ensino do núcleo comum.

Por fim, no capítulo 12, é abordada a construção do projeto pedagógico baseado em competências no curso de Engenharia Eletrônica da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), por Rodrigo M. A. Almeida, Danilo H. Spadoti, Egon L. Müller, Giscard F. C. Veloso, Luis H. C. Ferreira, Milady R. A. da Silva, Rondineli R. Pereira e Luiz L. G. Vermaas. O texto discute a transição para o novo modelo, descrevendo cada etapa do trabalho e as abordagens utilizadas que ajudaram na amarração entre competências, disciplinas e conteúdos. Tal como em outros textos, fica clara a necessidade de envolvimento de diversas instâncias institucionais e escuta a públicos distintos (como ex-alunos e empresas) para a construção de um currículo mais aderente aos desafios atuais da Engenharia.

Cada texto, à sua maneira, descreve e acentua experiências únicas que formam, contudo, um direcionador comum de mudanças no ensino das Engenharias como forma de aperfeiçoar as universidades e oferecer profissionais qualificados e sintonizados com as mudanças contemporâneas. Espera-se que o conjunto deste livro contribua para as mudanças na formação profissional dos engenheiros, que ajude a elevar a qualidade do debate e aproxime ainda mais a universidade das empresas. O País só tem a ganhar com a reflexão e os avanços das Engenharias.

Zil Miranda
Especialista de Desenvolvimento Industrial da CNI

PARTE I
TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS E DEMANDAS EMPRESARIAIS



CAPÍTULO 1

A IMPORTÂNCIA DE UMA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA MAIS CONTEXTUALIZADA E ADERENTE AOS DESAFIOS DO SETOR AERONÁUTICO

Luís Carlos Affonso[1]

1 INTRODUÇÃO

A indústria aeroespacial tem, em seu DNA, uma constante busca por novas tecnologias de forma a ampliar o desempenho final do produto, a segurança do ecossistema de transporte aéreo, o conforto dos usuários, a preservação do meio ambiente e a rentabilidade dos negócios envolvidos.

Novas tecnologias surgem em taxas cada vez maiores e seu emprego tem gerado produtos e serviços cada vez mais complexos e integrados em todos os setores. Uma pesquisa realizada em 2018 com mais de 240 profissionais de engenharia e design de diferentes setores revelou que, para a maioria absoluta (92%), seus produtos tornaram-se mais complexos ao longo dos cinco anos anteriores ao levantamento. Como causa, os respondentes indicaram os projetos mecânicos, que estão mais intrincados (57%), o maior uso de tecnologias eletrônicas (47%), a necessidade de adoção de novos materiais (43%) e a demanda por redução de peso (40%).[2]

As aeronaves comerciais já possuíam uma complexidade inerente que ganhou novas proporções com o maior emprego de sistemas eletrônicos embarcados a partir da década de 1980.[3] Desde então, a adoção de novas tecnologias, sua integração com os demais componentes que integram o produto, a inteligência embarcada via softwares e a comprovação da segurança representam uma parcela – talvez a mais significativa – do esforço de engenharia no setor.

1 Vice-presidente de Engenharia, Tecnologia e Estratégia Corporativa da Embraer.

2 ENGINEERING.COM. **Research Report - Design Teams: Requirements Management & Product Complexity.** 2019. Disponível em: https://resources.jamasoftware.com/whitepaper/design-teams-requirements-management-product-complexity

3 Veja, por exemplo, o caso da adoção do conceito 'Glass Cockpit' na aviação comercial. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Glass_cockpit#:~:text=A%20glass%20cockpit%20is%20an,of%20analog%20dials%20and%20gauges.

Além disso, vale frisar que a introdução de novas tecnologias em um produto aeronáutico, como, por exemplo, uma aeronave comercial, somente se dará após um longo processo de maturação e validação por parte do corpo de engenharia para que não haja prejuízo aos requisitos de segurança, desempenho e preservação do meio ambiente. Isso gera maior necessidade de eficiência de engenharia para que a maturação das tecnologias não consuma tempo a ponto de inviabilizar um novo produto.

Como resultado, a quantidade e o nível de qualificação dos profissionais atuando nos diferentes estágios do ciclo de vida de um produto aumentam, e as necessárias interfaces e interações entre eles são amplificadas exponencialmente. Não se pode deixar de mencionar que uma grande parcela dos negócios possui atuação global. Logo, têm-se diferentes mercados consumidores, competidores e parceiros considerados e envolvidos no desenvolvimento de tecnologias e de produtos. As parcerias com diferentes atores e empresas, distantes geograficamente e de culturas distintas, em um mesmo projeto, adicionam outras dimensões na equação.

Todo esse contexto impõe novos desafios aos profissionais de engenharia exigindo novas competências e comportamentos para que se alcance o sucesso na empreitada. Os engenheiros, além da sólida formação técnica, condição essa imprescindível, devem ter um espírito de sempre buscar a melhoria contínua das atividades em que estão participando; de almejar novas formas de se fazer algo (*e.g.*, inovação), de negociar com clientes, fornecedores, seus pares e liderança para consecução do negócio; de se comunicar adequadamente, transmitindo conceitos complexos, de forma clara e objetiva, sem se perder em termos técnicos; e de saber lidar com eventuais frustrações oriundas de decisões técnicas e de negócios.

Pensando nisso, foram aprovadas, em 2019, pelo Conselho Nacional de Educação as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de graduação em Engenharia (Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019[4]) a fim de estimular a modernização dos projetos de ensino nessa área. As novas DCNs foram criadas por causa da necessidade de adequar a formação em engenharia às demandas da sociedade em nível global, em um contexto complexo e dinâmico, influenciado por tecnologias disruptivas e novos meios de produção, serviços e relacionamento. Buscam-se modelos de ensino baseados em projetos, focados no desenvolvimento de competências mais alinhadas ao mercado e às rotinas de inovação,[5] com programas curriculares mais flexíveis. Como resultado, espera-se que os engenheiros graduados nessas novas bases estejam melhor preparados para atividades como elaborar e gerir projetos de inovação, prospectar novos empreendimentos e participar

4 Portal do MEC: http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991

5 Mais informações em: https://revistapesquisa.fapesp.br/diretrizes-para-os-cursos-de-engenharia/

ativamente dos processos decisórios. Esse desenho foi elaborado com a participação do setor empresarial.[6]

Este artigo aborda esse debate. Parte de algumas tendências tecnológicas observadas no setor aeroespacial que merecem estar no radar das escolas de engenharia, de modo que os cursos oferecidos dialoguem com os desafios atuais e futuros desse mercado. Destacam-se, também, algumas competências e habilidades que se sobressaem no exercício da profissão cujo estímulo ao desenvolvimento durante a graduação é muito bem-vindo. Finalmente, são compartilhadas iniciativas de cooperação da Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer) com a academia, com destaque para o Programa de Especialização em Engenharia (PEE), que, além de ser um meio relevante de relacionamento com a universidade, tem se mostrado exitoso para a atração de talentos e para a capacitação de profissionais.

2 TENDÊNCIAS DO SETOR AERONÁUTICO

Desenvolver novas aeronaves com menores custos, menor consumo, maior segurança e com sistemas mais eficientes, proporcionando mais conforto e assegurando a sustentabilidade e o cuidado com o meio ambiente são os maiores desafios do setor aeronáutico como um todo. Entre os diversos temas tecnológicos que demandam atenção, pode-se destacar alguns que têm se mostrado mais relevantes nos últimos anos e que têm sido foco dos esforços de desenvolvimento de tecnologia e inovação da Embraer.

A fim de facilitar o entendimento, essas tendências são comentadas individualmente a seguir. Contudo, como têm forte relação umas com as outras, na prática devem ser trabalhadas de forma integrada, pois é assim que levam à solução de desafios reais.

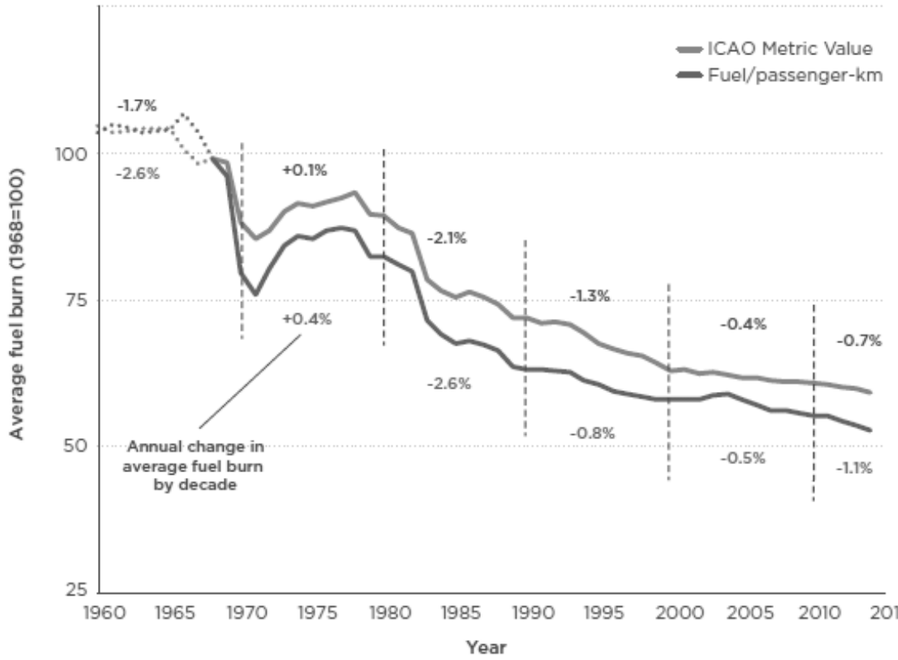
2.1 MUDANÇA NA FONTE ENERGÉTICA

Uma das principais tendências que está se consolidando é a necessidade de preservação do meio ambiente, sendo fundamental o papel das empresas. Na aviação, há uma busca constante pela redução na emissão de gases, de ruído e o descarte adequado de rejeitos. O gráfico 1 ilustra o resultado desse esforço.

Desse gráfico, têm-se dados de dois estudos sobre o consumo de combustível de novos aviões comerciais lançados desde 1960, tomando por referência um avião de 1968. Ambos os estudos mostram que, a cada nova geração de aviões, houve nítida redução percentual do consumo de combustível. Isso se traduz diretamente em menores emissões de poluentes.

6 Maiores informações em: https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/06/cursos-de-engenharia-preparam-aproximacao-com-empresas.shtml

GRÁFICO 1 – Média de combustível consumido por cada novo avião comercial a jato[7]



Fonte: Kozuda; Ojciec (2019).

Manter essa tendência, no entanto, tem sido um desafio tecnológico cada vez maior. Alternativas mais radicais estão sendo consideradas com maior interesse pelo setor como forma de continuar produzindo produtos cada vez mais ambientalmente corretos.

Nessa esteira, pode-se apontar o esforço desprendido visando substituir o uso de combustíveis fósseis por combustíveis renováveis, seja de matriz biológica ou sintética, por eletrificação de propulsão e, até mesmo, pelo uso de hidrogênio.

A respeito do caso específico da eletrificação de propulsão, a exemplo do setor automobilístico, as fabricantes de aeronaves investem seriamente no desenvolvimento dessa tecnologia por ser esse um modelo propulsivo ecossustentável.

A busca por novos modelos de negócio e tecnologias na área de eletrificação das aeronaves não se restringe apenas ao uso de motores alimentados por baterias, solução esta que ainda apresenta grandes desafios estruturais, mas também se avalia a viabilidade de

7 KOZUDA, J.; OJCIEC, M. **Overview of historical and future trends of commercial aircraft fuel efficiency.** 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334136664_Overview_of_historical_and_future_trends_of_commercial_aircraft_fuel_efficiency/fulltext/5d1a08b592851cf4405a9920/Overview-of-historical-and-future-trends-of-commercial-aircraft-fuel-efficiency.pdf. Acesso em: 7 abr. 2021.

alternativas que esse conceito abre em termos de novas arquiteturas propulsivas e aerodinâmicas, como, por exemplo, a propulsão híbrido-elétrica, propulsão distribuída, ingestão de camada limite, etc.

Uma mudança tão significativa tem impactos em uma vasta gama de componentes e subsistemas. Novos desafios emergem, como, por exemplo, a aplicação de novos componentes eletrônicos de alta potência, gestão térmica dos sistemas, novos modos de falhas, etc.

Para melhor compreensão dos fenômenos envolvidos, o uso de plataformas demonstradoras[8] é uma ferramenta muito útil e cada vez mais necessária. A Embraer já possui estudos e desenvolvimentos nessa linha, como é o caso do Ipanema elétrico (figura 1), plataforma baseada no avião agrícola da empresa.

FIGURA 1 – Demonstrador tecnológico de propulsão elétrica usando a plataforma do avião Ipanema



Fonte: Embraer.

8 Plataformas demonstradoras de tecnologias "constituem um instrumento de pesquisa pré-competitiva, eficaz e eficiente, que permite integrar e testar tecnologias complexas em condições de realismo, para aprendizado e capacitação de aplicação em produtos futuros", conforme definição em: http://homologa.oic.nap.usp.br/wp-content/uploads/2014/08/Plataformas-Demonstradoras-Tecn-Aero-Publicacao.pdf

2.2 AMPLIAÇÃO DOS GANHOS DE EFICIÊNCIA

Outra tendência comum no setor que persistirá por longos anos é a busca por aumentar a competitividade, seja do produto (aeronave em si), seja do transporte aéreo (sistema como um todo).

Eficiência da plataforma

No tocante à aeronave, busca-se desenvolver produtos com melhor desempenho e menores custos operacionais, a fim de tornar o negócio dos clientes mais rentável. Para isso, é essencial o estudo e desenvolvimento de tecnologias que permitam maior redução do arrasto e menor peso das estruturas, com consequente redução no consumo de combustível e menor ruído gerado. Para atender tais características, é necessário o trabalho em conjunto de diversas disciplinas, como aerodinâmica, aeroelasticidade, estruturas e materiais avançados buscando soluções inovadoras e disruptivas.

Eficiência do sistema de aviação

Não somente as aeronaves estão evoluindo, como também todo o sistema de aviação. Logo, é necessária uma operação inteligente da frota, com alta integração entre a gestão e o uso de análise de dados, inteligência artificial e internet das coisas, buscando ampliar a taxa de uso de aeronaves e reduzir o custo operacional.

Essas tecnologias permitem melhor uso do sistema de tráfego, possibilitando rotas mais curtas, maiores frequências de voos, redução de atrasos e de consumo de combustível, aumentando a segurança de todo o sistema.

Design e manufatura avançados

Uma redução significativa dos custos do desenvolvimento e produção de aeronaves pode ser alcançada investindo-se na otimização dos processos de manufatura e de desenvolvimento do produto. Novas tecnologias – como manufatura aditiva, avião gêmeo digital (*digital twin*), modelos digitais de alta fidelidade para certificação, robótica avançada e conceitos, como o de manufatura 4.0, entre outras –, quando são somadas, resultam na chamada indústria 4.0,[9] estando cada vez mais presentes nos processos atuais.



9 Algumas informações sobre a atuação da Embraer nessa área em: https://g1.globo.com/especial-publicitario/embraer/noticia/2019/11/18/industria-40-saiba-como-a-embraer-entrou-na-revolucao-tecnologica.ghtml.

Experiência do passageiro

Outro aspecto de fundamental importância para a competitividade de aeronaves comerciais e executivas é o conforto e bem-estar do passageiro. Ciente disso, realizam-se estudos e trabalhos buscando ampliar a conectividade a bordo de forma que ela fique próxima à disponibilizada em solo, redução do ruído interno com emprego de tecnologias ativas e passivas,[10] sistemas de entretenimento e melhoria da qualidade do ar (um ambiente seguro, livre de vírus ou bactérias se tornou ainda mais essencial atualmente).

Esta preocupação tem sido ampliada para além da experiência dos passageiros durante o voo, sendo recentemente considerada a experiência porta a porta, começando desde a saída do lar até o seu destino final.

2.3 AMPLIAÇÃO DA AUTOMAÇÃO

Desde os primeiros empregos de sistemas eletrônicos nas aeronaves, novas funcionalidades têm sido viabilizadas e implementadas a cada novo produto lançado (*e.g.*, piloto automático, proteção de envelope de voo, etc.). Existe uma tendência de rápida aceleração nessa área. Muito se deve à maior capacidade e menor custo de processamento e ao desenvolvimento de novas técnicas de análise de dados.

Inteligência Artificial e Ciência de Dados

A difusão de novas ferramentas e técnicas relacionadas ao tratamento de grande volume de dados (*e.g.*, *big data, data analytics*) e de inteligência artificial (*e.g.*, *machine learning*, *deep learning*) alcançou o setor aeroespacial. Esses conceitos têm sido aplicados tanto para projetos de produtos específicos quanto para melhoria do desempenho dos processos das empresas. Daí a justificativa de inúmeras iniciativas voltadas à digitalização e integração de processos das companhias.

Para aeronaves comerciais, poderá representar uma redução importante da carga de trabalho dos pilotos, ajudando-os a se concentrar na sua principal função, pilotar com segurança a aeronave. Além disso, pode ajudá-los a acelerar a tomada de decisão com sua maior velocidade de processamento e manipulação de uma gama maior de dados em caso de eventualidades na operação.

10 Tecnologias ativas são aquelas que variam sua forma de atuar de acordo com os estímulos ou sinais provenientes do ambiente (e.g., tecnologia de cancelamento de ruído semelhante às utilizadas em fones de ouvido), ao passo que as tecnologias passivas mantêm seu nível de ação independentemente do que ocorre no ambiente (e.g., isolamento acústico de um local).

Para algumas plataformas, especialmente militares, o desenvolvimento de inteligência artificial busca, por exemplo, habilitar sistemas adaptativos com tomadas de decisões inteligentes que possam trabalhar ativamente na melhor alocação de recursos disponíveis em uma missão, reagindo às mudanças no ambiente de operação, isto é, sistemas mais autônomos.

Voo autônomo

Os voos remotamente pilotados são uma realidade atual. Porém, veículos aéreos que realizem determinadas missões sem intervenção humana são uma ambição da grande maioria das forças militares no mundo. Tecnologias que viabilizem essa façanha têm sido estudadas e aperfeiçoadas ao longo do tempo. Em outubro de 2019, a Embraer realizou, em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), uma demonstração de taxiamento autônomo (uma etapa de solo para uma missão autônoma) em um avião,[11] conforme ilustrado na figura 2.

FIGURA 2 – Demonstração de taxiamento autônomo



11 Para maiores informações, sugere-se consultar: https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=1206649-embraer-e-ufes-conduzem-primeiro-teste-de-aeronave-autonoma-no-brasil.

Essas tecnologias requerem um aprofundamento dos conhecimentos nas áreas de controle e gerenciamento de voo, de comunicação e navegação da aeronave e, sobretudo, na capacidade de percepção das mudanças do ambiente operacional e de tomada de decisão cujo resultado seja igual ou, preferencialmente, melhor que o de um humano na mesma situação.

Aplicações civis desses sistemas também são avaliadas. Por exemplo, o transporte aéreo de cargas mostra-se como uma área promissora para voos sem pilotos. Nas aeronaves de transporte de passageiros, pode-se aventar, além da já mencionada redução da carga de trabalho dos pilotos,[12] a redução do número de pilotos necessários em um voo, sem comprometer a segurança.

2.4 PROSPECÇÃO DE NOVAS OPORTUNIDADES

O avanço em diferentes campos tecnológicos abre novas janelas de oportunidades de atuação. É importante, portanto, prospectar novas oportunidades de produtos, serviços e novos negócios.

Serviços baseados em plataforma

Assim é o caso da tendência em se buscar ampliar as funcionalidades e os serviços oferecidos aos clientes. A inclusão de determinadas tecnologias aliada a arquiteturas mais integradas de sistemas nas aeronaves pode proporcionar aos clientes e demais usuários maior facilidade na sua operação e manutenibilidade (*e.g.*, AHEAD;[13] BEACON[14]). Nesta última, o conceito de manutenção 4.0 é um exemplo importante. Um conjunto de sensores e unidades de processamento monitora continuamente sistemas-chave do avião, podendo indicar com boa antecedência a ocorrência de alguma falha. Isso dá à empresa aérea margem de tempo para programar a manutenção de seu veículo aéreo sem que isso interrompa abruptamente sua operação. Além disso, essa tecnologia abre caminho para que as manutenções desses sistemas se deem pela sua condição e não por tempo determinado como acontece atualmente.

12 Ver, por exemplo, a otimização da razão de subida implementada por um sistema de auto take-off (Patente US8793040B2): https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/046207887/publication/US8793040B2?q=pn%3DUS8793040B2.

13 Mais informações em: https://www.flyembraer.com/irj/go/km/docs/download_center/Anonymous/AHEAD/HTML/ahead.html.

14 Mais informações em: https://embraerx.embraer.com/global/en/beacon.

Mobilidade urbana aérea

Outra forte tendência que surgiu nos últimos anos diz respeito à mobilidade aérea em ambiente urbano. A maior dificuldade das pessoas se deslocarem nos grandes centros aliada ao avanço de tecnologias de eletrificação e autonomia deram impulso ao antigo sonho da humanidade pelos carros voadores. A figura 3 ilustra o conceito da Embraer EVE para esse mercado.

Muitas propostas de soluções estão em andamento, mas os desafios ainda não foram totalmente superados. No nível do veículo, é preciso que haja, por exemplo, o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento energético de maior capacidade, redução na emissão de ruído durante as decolagens e os pousos. No nível do sistema de transporte, é preciso desenvolver novas tecnologias de controle de tráfego aéreo voltadas às necessidades do contexto urbano, assim como é necessária a construção de infraestrutura adequada para operação segura e viável.

FIGURA 3 – Conceito da Embraer EVE Urban Air Mobility Solutions, Inc.



Sistemas Inteligentes de Defesa e Segurança

Outra tendência marcante para o setor de defesa e segurança, uma das unidades de negócio da Embraer, é a busca por tornar a capacidade de resposta, de prestação de serviço e de atender demandas de forma mais eficazes, fazendo melhor uso dos recursos disponíveis. Há, portanto, um aperfeiçoamento de sistemas C4ISR[15] e sua respectiva adaptação para aplicações civis.

15 C4ISR: Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance.

É, por exemplo, um conjunto de soluções que podem viabilizar o conceito de cidades inteligentes (*smart cities*) cujo foco está no uso de diferentes tecnologias para melhor ofertar serviços públicos, *e.g.*, transporte de qualidade, educação, saúde, etc.

Para lidar com essa necessidade, torna-se interessante tratar de tecnologias de tomada de decisão, de fusão de informações provenientes de sistemas até então isolados, de avaliação de cenários e de planejamento eficiente de recursos.

2.5 AMPLIAÇÃO DE SEGURANÇA

Outro tema de grande apreço do setor aeronáutico é a segurança nos seus diferentes contextos, tanto física quando digital. A primeira já foi abordada em tópicos anteriores. Destaca-se aqui o papel da segunda, *i.e.*, da segurança cibernética (*cibersecurity*).

Segurança cibernética

Tendo em vista a digitalização global e a perspectiva de cada vez mais tecnologias digitais serem aplicadas no setor aeroespacial, torna-se indispensável que se tenha um ambiente digital seguro que garanta a integridade das informações armazenadas em diferentes ambientes (*e.g.*, em redes segregadas, na nuvem etc.). É do interesse das empresas e dos governos a proteção de suas informações em meios digitais, sensíveis para negócio ou de caráter estratégico geopolítico e até de segurança nacional. Tecnologias como criptografia de dados, *cloud-based services*, *blockchain*, *security network & data,* entre outras, são importantes para a preservação dos ativos digitais desses entes.

Esse conjunto de tecnologias dá pistas da diversidade e magnitude dos desafios colocados às empresas do setor aeronáutico, que experimenta grandes transformações em todo o mundo. Para responder a essas e outras questões, o acesso a recursos humanos altamente qualificados é parte importante da estratégia empresarial.

Nesse cenário, algumas competências merecem ser sublinhadas, seja por sua importância mais elevada, seja por correrem o risco de serem menos valorizadas durante o processo de formação superior dos engenheiros. A próxima seção pincela algumas dessas competências e habilidades que requerem especial atenção.

3 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

A menção e a representação dos temas tecnológicos de maneira segmentada, como visto anteriormente, servem apenas para facilitar a comunicação. Conforme mencionado, a contribuição de cada tecnologia de forma integrada é o mais importante, priorizando assim o resultado do produto e serviço em sua totalidade.

Dito isto, pode-se apontar um ponto importante para formação de bons profissionais de engenharia: o desenvolvimento da visão sistêmica, do todo, integrada. Entre outros ganhos, isso permite superação dos contornos abstratos das disciplinas de atuação para que se busque um objetivo maior, que é a compreensão das várias possibilidades de aplicação de um conhecimento ou uma tecnologia em casos reais em um contexto de negócio. Assim, um profissional teria capacidade de perceber e avaliar sua contribuição em sistemas complexos e integrados de tal forma que ele seja capaz de ceder em algum aspecto de sua área específica de atuação, se isso resultar em um produto mais competitivo.

Além disso, o profissional com boa visão sistêmica e entendimento das diferentes disciplinas favorece a troca de experiências entre os participantes do desenvolvimento de um produto, criando um ambiente propício ao surgimento de ideias e colaborações, fomentando a inovação.

Outra característica importante de bons profissionais é saber transitar entre os domínios do problema e das soluções sem se perder ou se apegar em nenhum deles em demasia. Uma grande parte das instituições de ensino não dão a ênfase adequada aos métodos e às técnicas de solução de problemas. Via de regra, tem-se o treinamento dos profissionais com problemas já estabelecidos e para os quais se deve aplicar uma abordagem já ensinada. Isso tem uma grande importância na formação profissional, mas é preciso ir além. Novos problemas surgem e demandarão soluções inovadoras. Portanto, o futuro profissional deve ser capaz de identificar e definir claramente o problema para que os demais envolvidos (*stakeholders*) possam contribuir com a análise e criação de soluções.

Além dessas características, em uma realidade em que parcerias tecnológicas são estabelecidas a todo momento entre empresas e instituições de pesquisa e entre diferentes empresas, é fundamental que os engenheiros desenvolvam uma preocupação relativa ao que é produzido por eles quando do trabalho: os ativos intangíveis (*e.g.,* patentes, desenho industrial, licenças, direitos autorais, *know-how, softwares*, segredos de negócio, entre outros). Portanto, ao se estabelecer um acordo de cooperação, o profissional atento aos aspectos de propriedade intelectual terá condições de agir em prol dos interesses das partes envolvidas, preservando e valorizando ao máximo esses ativos. O desenvolvimento dessa competência é de grande importância visto que empresas que negligenciam esses aspectos têm propensão a se tornarem mais vulneráveis aos seus concorrentes, perdendo oportunidades de negócio e competitividade.

No ambiente corporativo, o trabalho em equipe é essencial ao bom funcionamento das empresas, sendo assim, além de apresentar bons resultados individuais, deseja-se que os profissionais consigam lidar bem com seus colegas de trabalho e respeitar suas eventuais diferenças; que saibam reconhecer suas falhas, receber e oferecer *feedbacks* sem criar um ambiente hostil; e que, principalmente, tenham seu trabalho pautado pela ética e pelo respeito. Como locais de trabalho hostis e tóxicos prejudicam o desempenho das equipes,[16, 17] o desenvolvimento dessas *soft skills* é de grande valor para as empresas, por propiciar um ambiente mais produtivo e colaboradores mais satisfeitos.

Em outras palavras, para além de uma sólida formação técnica, é de fundamental importância que os egressos da engenharia sejam levados a desenvolver uma visão abrangente, contextualizada, que compreenda o lado técnico dos problemas, mas também seus aspectos mercadológicos. Como parte desse processo de formação, as habilidades socioemocionais deixam de ser elementos secundários e tornam-se também parte essencial da formação desejada.

As DCNs representam um passo importante para permitir o desenvolvimento dessas competências e habilidades já no meio acadêmico. O maior foco na realização de projetos e atividades práticas durante essa etapa de formação incentiva, por exemplo, essa visão orientada à resolução de problemas, permite o debate e a análise dos desafios a partir de diferentes pontos de vista, ao mesmo tempo que estimula a interação entre os graduandos, de modo a gerar mais oportunidades para se trabalhar o lado emocional e as relações interpessoais em paralelo com os conhecimentos técnicos.

Essas preocupações, em menor ou maior medida, buscam ser trabalhadas em diferentes inciativas lideradas pela Embraer. A seguir, são apresentadas duas delas, que se traduzem em oportunidades de parceria da empresa com o meio acadêmico.

3.1 PARCERIAS

Com clientes mais exigentes e um cenário mundial cada vez mais competitivo, em termos econômicos e de inovações, o papel dos engenheiros torna-se a cada momento mais desafiador. O cenário atual exige que a capacidade do profissional transcenda o conhecimento técnico e, neste ponto, é primordial a parceria entre indústria e academia na formação desses engenheiros.

16 PRIESEMUTH, M. Time's Up for Toxic Workplaces. **Harvard Business Review,** June 19 2020. Disponível em: https://hbr.org/2020/06/times-up-for-toxic-workplaces. Acesso em: 7 abr. 2021.

17 ANJUM, A. ***et al.*** An Empirical Study Analyzing Job Productivity in Toxic Workplace Environments. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15(5), may, 2018. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5982074/. Acesso em: 7 abr. 2021.

Essas parcerias ocorrem tanto no âmbito internacional quanto nacional, em que a vertente internacional, de forma genérica, se dá mediante projetos de desenvolvimento tecnológico em que há troca de conhecimentos e experiência entre engenheiros, estudantes e pesquisadores das instituições de ciência e tecnologia. Especificamente sobre as parcerias já existentes no Brasil, no que diz respeito ao setor aeronáutico, pode-se destacar o Aerodesign, no âmbito da graduação, e o Programa de Especialização em Engenharia (PEE), no âmbito da pós-graduação.

Aerodesign

O Aerodesign é uma competição que ocorre anualmente no Brasil entre equipes de diferentes universidades, de cunho nacional e estrangeiro. Nela, cada equipe deve projetar e construir uma aeronave radiocontrolada que seja plenamente capaz de voar e atenda aos requisitos dos regulamentos.[18] A Embraer tem papel fundamental na estruturação e execução da competição nacional, definindo, a cada ano, novos regulamentos que desafiam as equipes a buscar soluções de engenharia inovadoras que resultem na melhor aeronave dentro das restrições impostas.

A competição possui duas etapas, cada uma com suas respectivas datas e prazos. A primeira é uma etapa de projeto, em que as equipes devem redigir um relatório técnico em que é avaliado o projeto conceitual das aeronaves, bem como os estudos realizados em diferentes disciplinas, como aerodinâmica, estabilidade e controle, cargas, estruturas, elétrica e desempenho. A segunda etapa configura a competição de voo, em que as aeronaves devem realizar determinada missão de acordo com o regulamento, além de serem capazes de decolar e pousar sem sofrerem danos. Cada equipe possui o apoio de seus professores e ainda têm a oportunidade de, durante a competição presencial, tirar dúvidas sobre os relatórios técnicos e interagir com os próprios colaboradores da empresa que auxiliam os estudantes a melhorarem nas próximas competições.

Já foram realizadas 22 edições no Brasil, envolvendo cerca de 90 equipes de 10 participantes a cada edição. A competição premia os primeiros lugares de cada categoria com troféus, fornecendo ainda aos vencedores vagas para um estágio de verão na Embraer. Há também uma premiação exclusiva para o projeto de aeronave que se mostrar mais inovador, incentivando assim as equipes a procurarem soluções fora da caixa.

Essa iniciativa promove o rápido desenvolvimento dos alunos, por estimular diversas das competências e habilidades apresentadas, como o trabalho em equipe, a solução de problemas e visão holística. Além disso, possibilita ao graduando uma experiência prática de desenvolvimento de projetos e construção ensaios de aeronaves.

18 Para maiores informações, sugere-se consultar: https://saebrasil.org.br/programas-estudantis/aero-design-sae-brasil/

Programa de Especialização em Engenharia

Criado em 2001, o Programa de Especialização em Engenharia (PEE) seleciona anualmente cerca de 100 a 150 pessoas em um processo que, em média, conta com o interesse de aproximadamente quatro mil candidatos. O processo de seleção busca por engenheiros das vertentes mais ancoradas nas ciências exatas, mas não necessariamente restrito à aeronáutica, formados há no máximo dois anos ou, se já possuir pós-graduação, três anos.

O programa decorre de uma parceria entre a Embraer e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), com o intuído de prover conhecimento especializado para engenheiros recém-formados, capacitando-os nas áreas de engenharia de desenvolvimento de produtos, processos e competências requeridas pela empresa. Ao final do programa, o ITA fornece um título de mestrado profissional em engenharia aeronáutica, com ênfase em um dos seguintes campos: aerodinâmica, manutenção e operação de aeronaves, estruturas, sistemas, finanças e mercado. Até o momento, formaram-se 27 turmas totalizando mais de 1.500 engenheiros que passaram pelo programa, sendo sua quase totalidade incorporada à empresa.

O PEE é composto por quatro fases, a primeira fase consiste em aulas de fundamentos da área aeronáutica, a segunda é uma etapa de estudos especializados do ramo, a terceira fase compreende a execução de um projeto de aeronave e na última fase, que ocorre em paralelo às outras, é realizada a dissertação de mestrado. Todo o processo proporciona o contato direto com diversos professores do ITA (mais de 30), instrutores (mais de 100) e mentores (40) da Embraer, além de alguns consultores externos.

As duas primeiras fases são etapas de maior foco no estudo do setor aeronáutico, em que os participantes passam por um nivelamento e aprofundamento em conceitos-chave, uma vez que nem todos os que ingressam no programa tiveram formação aeronáutica. Ainda no período de estudos, durante a segunda fase, é ofertada a escolha de uma disciplina para maior especialização (Estruturas e Materiais; Sistemas; Manufatura; Manutenção), em que são abordados assuntos de forma mais aprofundada, entretanto, independentemente da escolha do pós-graduando, ele é apresentado ao conhecimento de todas as outras áreas.

Na segunda etapa, pode-se destacar o programa *Shadow* cujo objetivo é incentivar a interação do participante do PEE com profissionais da Embraer. Nesse programa, o participante passa alguns dias como “sombra” de engenheiros da empresa, para conhecer suas atividades, os processos, as áreas de interação, os projetos em andamento, as rotinas, familiarizando-se com a cultura da empresa e com as características do ambiente de trabalho.

Na etapa de projeto, as turmas são divididas em grupos e apresentadas a um desafio que tem como objetivo o desenvolvimento de determinado tipo de aeronave. Para isso, os alunos devem fazer pesquisas de mercado, criar protótipos, realizar ensaios em laboratórios, avaliar as viabilidades técnica e financeira das soluções propostas, contando sempre com o auxílio de inúmeros profissionais mentores que são especialistas da empresa em determinados ramos. Em outras palavras, o projeto leva o participante a considerar todo ciclo de vida de produtos e serviços, desde a avaliação de mercado, estabelecimento de requisitos, concepção, projeto, produção, testes, operação, manutenção e descarte.

Na quarta e última etapa, o participante do programa deve defender sua dissertação para a conclusão do Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica do ITA, reconhecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Os temas são escolhidos pelos próprios alunos a partir de prioridades tecnológicas da Embraer e do ITA, ou seja, a escolha é negociada entre a tríade composta pelo participante do programa, um orientador industrial (Embraer) e um orientador acadêmico (ITA). Os trabalhos são desenvolvidos tanto nas dependências da empresa quanto no ITA.

Além da formação técnica, há ainda o Programa de Desenvolvimento de Potencial ao longo dessa jornada. O foco desse programa é trabalhar o autoconhecimento do participante, o seu relacionamento interpessoal, a valorização da ética profissional, a sua confiança e fomentar a cultura de times.

Das competências que são desenvolvidas por meio dessas parcerias e que são relevantes para essa nova formação dos engenheiros, tem-se o *learn by doing*, em que se aprende muito através da prática, por meio de projetos que envolvem não só estudos conceituais, mas também a criação e fabricação de aeronaves e modelos, testados em laboratórios. Espera-se também que os engenheiros adquiram, ao longo do processo, conhecimentos mercadológicos, financeiros e sobre propriedade intelectual. Nesse último tópico, os participantes do programa participam de cursos específicos sobre o tema ministrados pelos profissionais da área.

Esses projetos combinam, portanto, uma abordagem complexa, multidisciplinar que demanda o uso de ferramentas, de simulações e de conhecimentos técnicos ligados ao setor aeroespacial, que são, em sua maioria, utilizadas no meio profissional, ao mesmo tempo em que trabalham as habilidades socioemocionais nos alunos, ou seja, busca-se mesclar teoria e prática, *hard e soft skills*, análises específicas e de contexto, em modelo que integra academia e empresa.

4 CONCLUSÃO

As tendências tecnológicas do setor aeronáutico apontam para um futuro dinâmico e complexo, demandando maior capacidade das empresas para se manterem competitivas nesse novo mundo.

Dessa forma, as empresas do País precisarão que seus engenheiros desenvolvam habilidades que transcendam as competências técnicas, sabendo também se relacionar e lidar com desafios de todas as naturezas. Torna-se, portanto, fundamental a parceria entre a academia e a indústria, conduzindo a formação dos futuros profissionais na direção que trará maiores benefícios para os alunos, para as empresas e para a sociedade. Buscando uma aprendizagem com aplicação prática e experimental dos conhecimentos técnicos adquiridos em problemas próximos aos enfrentados pelas empresas, com incentivo às atividades extracurriculares e aproximação entre o meio de ensino e profissional.

A aprovação das novas diretrizes curriculares é um avanço no sentido de *abrir caminho* para que a formação de novos quadros profissionais se dê de modo mais próximo à indústria. As instituições de ensino devem lançar mão de novas formas de ensino e perspectivas para habilitar futuros profissionais a terem sucesso nesse cenário complexo e dinâmico que envolve o setor aeronáutico.

A experiência da Embraer com o Programa de Especialização em Engenharia tem sido muito exitosa, sendo um exemplo dessa aproximação. Centenas de profissionais que passaram pelo programa e foram absorvidos pela empresa contribuem, de maneira significativa, para os resultados da companhia. A sinergia entre a indústria e a academia, representada nesse caso pela parceria entre a Embraer e o ITA, evidencia um caminho de formação de quadro de profissionais mais preparados para os desafios futuros.



CAPÍTULO 2

A INOVAÇÃO E OS NOVOS ENGENHEIROS E ENGENHEIRAS NA CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA BRASILEIRA

Arthur Costa Sousa[1]

1 INTRODUÇÃO

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs),[2] que estão em processo de implantação nos cursos de Engenharia de todo o País, explicitam, de maneira clara, o papel estratégico da maior presença do estudante no campo de ação como molde para o profissional multidisciplinar que se pretende construir nesse universo em que se busca colocar o incessante impulso inovador a serviço de um crescimento econômico mais equilibrado, social e ambientalmente.

São as organizações empresariais que desempenharão o papel de integrar as gerações mais novas às gerações maduras, de promover essa troca de conhecimentos, esse novo jeito de trabalhar, utilizando a ferramenta da inovação para crescer, mas olhando para a valorização do planeta e da sociedade. Na essência, é o que se tentará demonstrar neste capítulo.

O Brasil construiu, a partir da segunda metade do século passado, uma sólida reputação internacional quanto à excelência da sua engenharia, especialmente no segmento de infraestrutura. Obras como a usina hidrelétrica de Itaipu, a ponte Rio-Niterói e a construção de Brasília, para ficar nos três exemplos mais visíveis, entraram para o *ranking* dos principais feitos da engenharia civil no planeta e renderam às empresas brasileiras de projetos e construção presença em canteiros de obras desafiantes mundo afora.

Tal conquista não pode ser dissociada da qualidade alcançada pelo ensino da Engenharia no País ao longo dos seus quase 230 anos de vigência, desde a fundação, em dezembro de 1792, da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, embrião da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, criada em 1847. No entanto, é inevitável reconhecer que o avanço vertiginoso das tecnologias imposto pela quarta revolução industrial, a partir dos

1 Vice-Presidente de Engenharia e Meio Ambiente da Concremat Engenharia e Tecnologia.

2 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 13 maio 2021.

anos 1990, e a progressiva tomada de consciência pela humanidade quanto à finitude dos recursos naturais e à necessidade de uma partilha mais justa das riquezas geradas por esses recursos criaram os alicerces de uma nova sociedade. Para construir sobre esses alicerces, é preciso um novo engenheiro.

Em um mundo que se pretende mais parceiro, esse novo profissional deve ser o produto de uma colaboração mais estreita entre a academia e o mercado de trabalho, uma solução que caminhe no sentido de eliminar esse incômodo distanciamento histórico no Brasil entre esses dois lados da mesma moeda.

Muito pouco do que os cientistas brasileiros publicam como pesquisa básica transforma-se em patente comercial registrada por empresas nos principais órgãos internacionais. O efeito prático é que o Brasil é pouco inovador em relação aos países que estão na vanguarda da economia mundial. Ressalte-se que a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), em 2013, e a crescente difusão de incubadoras de empresas nas universidades do País são passos expressivos no rumo dessa aproximação academia-mercado.

No caso da indústria de infraestrutura, uma mudança substantiva e muito aguardada, que deverá acelerar a inovação no setor, é a incorporação crescente das atividades de tecnologias de informação e comunicação que levariam à transição para processos e produção mais digitalizados. A implantação das novas DNCs pode favorecer essa transição no campo da Engenharia.

Espera que ela seja, ao mesmo tempo, harmônica, de modo que se possa usufruir da sólida base técnica acumulada pelas instituições de ensino ao longo desses mais de dois séculos de existência, e transformadora, acoplando a essa base os avanços tecnológicos e socioambientais alcançados nas últimas décadas. Dessa forma, se tornaria possível a transição do engenheiro "analógico" para o "digital", isto é, apto a trabalhar com as diversas ferramentas da manufatura avançada.

Além do domínio de competências tecnológicas, o avanço da construção da infraestrutura brasileira pede engenheiros multidisciplinares, inventivos e com espírito empreendedor apurado. Engenheiros capazes de participar de processos decisórios, de liderar e de construir, em um ambiente de múltiplos interesses socioeconômicos e ambientais, soluções que viabilizem a execução de projetos essenciais para a retomada do crescimento do País.

São demandas estreitamente alinhadas às novas DCNs e com elas comprometidas. Em outras palavras, busca-se contribuir para que as escolas formem os engenheiros que serão brevemente as molas propulsoras do crescimento da indústria da construção dentro dos princípios das boas práticas ambientais, sociais e de governança (ASG), o manual indispensável para quem deseja se estabelecer e crescer no universo corporativo a partir de agora.

Usa-se aqui a palavra "manual", um termo indissociável das boas práticas de Engenharia, como uma figura que representa a preocupação em fazer o melhor. Busca-se uma comunicação que possa ser entendida por toda a sociedade como expressão de uma efetiva tomada de consciência do setor quanto à importância da sigla ASG para o futuro das atividades humanas. Como ensina o eminente professor de sustentabilidade e diretor do Núcleo de Sustentabilidade da Fundação Dom Cabral, Heiko Hosomi Spitzeck, o indicador de que se está, de fato, comprometido com os princípios ASG é ter o reconhecimento de quem mais lhe critica.[3]

A médio e longo prazos, a observância dos princípios ASG é uma questão de sobrevivência – no sentido amplo das sociedades e no estrito dos negócios. Hoje, é fácil para uma empresa constatar, no ponto mais sensível do seu organismo, o caixa, a afirmação acima. Cada vez mais, o custo de capital aumenta para empreendimentos com impactos socioambientais negativos e cai para aqueles alinhados com a busca por uma sociedade mais justa ambiental, social e economicamente.

É a partir dessas premissas que este capítulo visa a contribuir para o debate da formação em Engenharia sob o ponto de vista da indústria de infraestrutura. Na próxima seção, são trazidas algumas informações do contexto do setor. Em seguida, levanta-se a importância da inovação no setor e algumas tendências predominantes. Na quarta seção, são apresentadas ações da Concremat, especialmente as voltadas ao relacionamento com as universidades e, finalmente, as considerações finais.

3 SPITZECK, H. H. Para você, ESG é um problema de comunicação?, **Época Negócios**, 22 mar. 2021. Disponível em: https://epocanegocios.globo.com/colunas/Proposito-nos-Negocios/noticia/2021/03/para-voce-esg-e-um-problema-de-comunicacao.html.

2 CONTEXTO DE MUDANÇAS

Em 2009, uma reportagem sobre a China publicada no jornal Folha de S. Paulo, assinada pelo jornalista e pesquisador de arquitetura e urbanismo Raul Juste Lores,[4] começa informando que dos nove membros do Politburo do Partido Comunista da China, oito eram engenheiros, sendo um deles o atual presidente do país, Xi Jinping.

O texto associa essa composição do órgão decisório máximo do país asiático à sua vocação para o planejamento e execução de obras de infraestrutura que fomentaram o impressionante ciclo de desenvolvimento econômico e tecnológico do país nas últimas quatro décadas. Não por acaso, as estatísticas conhecidas indicam que a China lidera a formação de engenheiros no mundo, com aproximadamente 650 mil por ano.[5]

Em uma comparação mais ampla, o jornalista alemão Alexander Busch, em 2018, cita dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) segundo os quais de oito milhões de universitários brasileiros, apenas um milhão, cerca de 13%, cursava disciplinas científicas, como matemática, tecnologia, informática e ciências naturais, enquanto na Alemanha essas disciplinas eram cursadas por um terço dos cerca de três milhões de estudantes.[6]

A quantidade não é um aspecto trivial, lembrando que, no ciclo de crescimento mais acelerado que o Brasil experimentou recentemente, entre 2004 e 2011 (exceto 2009), o déficit de profissionais de Engenharia ficou evidente. No entanto, nesse momento, o foco é formar engenheiros com aquela visão abrangente capaz de, como vem ocorrendo na China, liderar as importantes transformações que o mercado de trabalho e o país vêm demandando.

No GEDC Industry Forum, realizado de 28 de setembro a 1º de outubro de 2020 pelo Conselho Global de Reitores de Engenharia (GEDC, na sigla em inglês), o francês Xavier Fougar, diretor Sênior da Dassault Systèmes, disse que as principais habilidades do engenheiro do futuro serão a ética, a resiliência, o espírito colaborativo e a competência digital, associados ao domínio das questões mundiais, de modo a ser capaz de transmitir seus conhecimentos a todos os *stakeholders*, com domínio sobre o produto, a natureza e a vida.[7]

4 LORES, R. J. O Grande Salto Tecnocrático, **Folha S. Paulo**, 15 out. 2007. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs2709200904.htm.

5 O risco de mais um apagão. **O Estado de S. Paulo**, Opinião, 28 mar. 2018. Disponível em: https://opiniao.estadao.com.br/noticias/geral,o-risco-de-mais-um-apagao,70002245265.

6 BUSCH, A. Por que é um problema o Brasil não precisar de engenheiros, **DW Brasil**, 15 fev. 2018. Disponível em: https://p.dw.com/p/2sh9K.

7 FOUGER, X. **GEDC Industry Forum**, 28/9 a 1/10/2020.

Essas características são o que as novas DCNs prometem/pretendem colher anualmente nas faculdades de Engenharia do País já a partir da segunda metade desta década. Especificamente, mas não exclusivamente, a Engenharia voltada ao segmento de obras de infraestrutura está a demandar um profissional capaz de atender a um mercado com enorme potencial, dada a demanda reprimida, mas que irá exigir cada vez mais inovações capazes de maximizar a eficiência, reduzir os custos e produzir as obras compatíveis com a mentalidade afinada aos princípios ASG.

Recente pesquisa conjunta do *Global Infrastructure Hub*, *World Economic Forum* e *Boston Consulting Group*, envolvendo mais de 400 participantes em 70 países, detectou um déficit de infraestrutura de US$ 15 trilhões,[8] o que equivale a quase três quartos do produto interno bruto (PIB) da nação mais rica do mundo, os Estados Unidos, em 2020 (US$ 20,93 trilhões).[9]

No Brasil, a consultoria especializada Inter.B, que publica um relatório anual sobre o tema, estima que seria necessário investir por ano cerca de 3% do PIB apenas para manter o estoque de capital já investido.[10] Para cobrir a defasagem da infraestrutura brasileira, seriam necessários investimentos anuais de 4% por mais de duas décadas, considerando a hipótese de um crescimento econômico anual nada extraordinário também de 4%.[11] Mas os números apurados pela Inter.B indicam que o máximo que o País conseguiu investir em infraestrutura no passado recente foi 2,32% em 2013 e 2014.[12]

A partir de 2016, o patamar que vinha mantendo-se na casa dos 2%, pelo menos desde 2010, caiu para a casa de 1% e não se recuperou desde então. Em 2019, o Brasil investiu 1,84% do PIB em infraestrutura,[13] sendo dois terços do setor privado e um terço do setor público.

Significa que esses investimentos ficaram mais de um ponto percentual abaixo do necessário para a manutenção do estoque e mais de dois pontos se o foco for superar o déficit em um ambiente de crescimento razoável do PIB. Para dimensionar na prática a carência brasileira em infraestrutura, basta citar que, em 2019, segundo o Instituto Trata Brasil,

8 GLOBAL INFRASTRUCTURE HUB**. Infrastructure Futures Report**. The impact of megatrends on the infrastructure industry, 2020. Disponível em: https://www.gihub.org/futures/.

9 **G1**, 28 jan. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/01/28/pib-dos-eua-fecha-2020-com-queda-de-35percent.ghtml.

10 FRISCHTAK, C. e Davies, K. (Inter B. Consultoria Internacional de Negócios). **Revista Brasileira de Comércio Exterior (RBCE)**, nº 122, jan./mar. 2015. Disponível em: http://www.interb.com.br/sites/default/files/Desatando%20o%20n%C3%B3%20em%20infraestrutura_FUNCEX.pdf.

11 Idem.

12 ROSAS, R. Infraestrutura esbarra em amarras históricas, diz Frischtak. **Valor Econômico**, 8 maio 2020. Disponível em: https://valor.globo.com/brasil/noticia/2020/05/08/infraestrutura-esbarra-em-amarras-historicas-diz-frischtak.ghtml. Acesso em: 12 maio 2021.

13 Idem.

45,9% da população brasileira não era assistida por coleta de esgoto,[14] ou seja, há muito trabalho pela frente para a engenharia de infraestrutura.

Toda essa lacuna precisa ser preenchida em um ambiente de carência cada vez maior de recursos públicos para investimento, sem perspectiva de reversão significativa no curto e médio prazo. Quer dizer que aquela participação de um terço do setor governamental nos investimentos, observada em 2019, corre o risco de ser reduzida, ficando o esforço de investimento dependente cada vez mais da capacidade do setor privado.

Sem fazer juízo de valor sobre a maior ou menor presença de recursos públicos nos investimentos, é fato que o aumento da participação privada em infraestrutura – combinando a intrínseca busca por lucratividade do capital privado com as exigências de padrão de qualidade e desempenho impostos pelas agências públicas de regulação e fiscalização criadas para supervisionar esses investimentos – gera um fator externo de pressão a mais sobre as empresas de engenharia e construção e, consequentemente, sobre seu corpo de engenheiros.

Esse olhar mais agudo sobre a eficiência operacional é um fator de mudança na forma de pensar e agir da engenharia, não somente provocada pela visão empresarial do setor privado. O aumento do nível de consciência da população quanto ao compromisso do gestor público com o retorno à sociedade do capital político e financeiro (na forma de tributos) investidos, somado aos recursos instantâneos trazidos pelo avanço constante da tecnologia de informação, pressiona diariamente o setor público por mais e melhores obras.

União, estados e prefeituras vivem hoje sob permanente pressão dos cidadãos que, com o recurso do celular, filmam ou fotografam os problemas de infraestrutura que

14 INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2021**. Disponível em: https://bit.ly/3aX8W4o.

surgem nos seus bairros e enviam instantaneamente aos veículos de informação. Estes, com a mesma velocidade, reverberam essas constatações/reclamações, pressionando os gestores públicos a tomarem providências e a exigirem maior eficiência e qualidade das obras contratadas a preços cada vez mais apertados.

3 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA SÃO AS RESPOSTAS

Quando se fala em inovação tecnológica atualmente, a primeira imagem que vem à mente é a de tecnologias da informação, com seus recursos cada vez mais rápidos e disruptivos – de fato, a versatilidade dos dispositivos móveis quase que sepultando a concepção do escritório tradicional; a internet das coisas, interconectando objetos e equipamentos físicos e criando construções "inteligentes"; e os recursos da *big data* e da *analytics data*, trazendo nova luz sobre dados acumulados pelas organizações ao longo do tempo, para ficar apenas em algumas dessas inovações, transformaram a vida moderna, inclusive das empresas, em uma velocidade inimaginável há duas décadas. A Concremat, por exemplo, está construindo uma história exitosa com uma *startup* de tecnologia móvel, a Stant, que será relatada mais adiante.

Todavia não só de informação vive a inovação tecnológica na construção de infraestrutura, ainda que, em geral, a aplicação das inovações de ambiente físico propriamente dito seja derivada e dependente das tecnologias digitais, como a impressão 3D, por exemplo, que parte de um modelo digital para sobrepor camadas de materiais físicos e construir com incrível rapidez maquetes, protótipos e equipamentos de menor porte.

Na pesquisa *Construção do Amanhã*,[15] que traça um panorama do avanço e apetite por inovação nos setores imobiliário e da construção, são apresentadas as 17 tecnologias inovadoras mais aplicadas pelas corporações, as que trouxeram maior impacto e aquelas que as organizações gostariam de implantar, mas que estão limitadas por questões financeiras.

O trabalho mostrou que o setor da construção pesquisa pouco e investe pouco em inovação, mas que há avanços em curso. A Concremat tem buscado se inserir cada vez mais no grupo das organizações que observam na inovação a chave para o desenvolvimento da engenharia brasileira e do País como um todo.

O ciclo da inovação é um processo interativo no qual as tendências da década anterior tornam-se caminhos para trazer novas oportunidades no presente e no futuro. Partindo do processo de inovação em metodologia BIM (sigla em inglês para Modelagem da

15 DELOITTE; TERRACOTA VENTURES. **Construção do Amanhã - Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil**, 2020.

Informação da Construção), iniciado em 2009, a Concremat segue evoluindo no uso de gêmeos digitais. É por meio do uso de construção enxuta (*lean construction*) nas últimas décadas que novas tecnologias de planejamento de obras se tornam comuns e novos processos, como a metodologia IPD (sigla em inglês para entrega de projetos integrados), tornam-se possíveis.

Dentro de todo esse universo que vislumbra o futuro para criar ações no presente, não se pode ignorar a velocidade de obsolescência da tecnologia. A cada ano, uma tecnologia é substituída por uma nova, melhor e mais eficiente. Não é à toa que o mercado se vê inundado de oportunidades que propiciam ambiente para uma explosão de *startups*.

O mapa de *startups* voltadas ao mercado da construção civil, chamadas de *construtechs*,[16] e daquelas voltadas aos processos sobre propriedade, chamadas de *proptechs*, cresce a taxas elevadas desde 2017. Contudo, os números são bem menos alentadores quando se olha para o universo das *startups* voltadas ao mercado de infraestrutura, as chamadas *infratechs*.

Observam-se alguns movimentos recentes, apesar de ainda esparsos, como o Fórum de Infratechs e o Infrachallenge, promovidos pelo Global Infrastructure Hub (GI Hub) desde 2019, e ambientes de discussão de gêmeos digitais, como o Digital Twin Hub, entre outros movimentos globais. Essas iniciativas evidenciam a importância do crescimento do nicho de *infratechs*: empresas que podem trazer soluções completas, por exemplo, para o ciclo de investimentos e de custos operacionais (capex-opex) dos empreendimentos, impactando positivamente o setor de infraestrutura.

Para atuar proativamente nesse cenário, a Concremat, assim como outras empresas e instituições do mercado de infraestrutura, faz uma análise constante sobre o ecossistema de inovação voltado para esse segmento, contribuindo para a manutenção de um portfólio de projetos e iniciativas focado no presente e no futuro da engenharia. Com esse olhar constante para o que de mais interessante está surgindo e/ou irá surgir, a companhia busca geração de valor para seus clientes, potencializando a qualidade e a eficiência dos investimentos.

3.1 A DIGITALIZAÇÃO E A CIDADE INTELIGENTE

A digitalização dos processos e operações figura há alguns anos como uma necessidade das empresas de engenharia no Brasil e continua sendo uma tendência global e inevitável. É importante ressaltar que essa digitalização deve acontecer de modo a manter a segurança e a confiabilidade da informação e os princípios da transparência e da ética. Conta-se

16 TERRACOTTA VENTURES. **Mapa das Construtechs e Proptechs Brasil 2020.**

hoje com empreendimentos que possuem suas informações cada vez mais acessíveis e monitoradas, mas é por meio da tecnologia digital que essa conexão e compartilhamento de dados permitem falar da cidade do futuro.

Quando se fala em cidades inteligentes (ou *smart cities*), trata-se de considerar cidades mais verdes e sustentáveis, que priorizam a agenda de meio ambiente, que controlam seus perímetros, poluição do ar, qualidade da água, tráfego de vias e, fundamentalmente, seus edifícios e construções – tudo isso com dados em tempo real, compartilhados e integrados entre os ecossistemas.

Esse grande volume de informação, que a engenharia sempre precisou tratar, agora é arquivado na nuvem. Aí nascem oportunidades infinitas de utilizar esses dados a favor dos empreendimentos e das cidades. É exponencial o crescimento de soluções possíveis de agregar a partir da análise desses dados, seja na criação de novos modelos de negócios, seja no desenvolvimento de novas formas de contratar, de produzir e, principalmente, de entregar engenharia ao mercado.

Para além das cidades inteligentes, é importante destacar que o volume de dados disponível, o *know-how* de engenharia e o poder de processamento de informações conquistado a partir das novas tecnologias propiciam simulações físicas e químicas muito mais rápidas e precisas do que era possível até então. Os gêmeos digitais permitem o controle preciso dos empreendimentos em todas as suas fases de vida, do projeto e planejamento da construção até a sua operação e manutenção.

A tecnologia construtiva e a de materiais também têm evoluído muito rápido: a cada ano, um novo material é descoberto ou fabricado e novas técnicas de execução são criadas, testadas e validadas. Não se pode mais usar dados de empreendimentos muito antigos para projetar prazos de execução futura. É nesse ambiente que o mundo deve considerar a necessidade constante de avançar nas técnicas de execução, a passos cada vez mais velozes, na busca por processos e materiais mais eficientes, menos custosos ou mais sustentáveis. A formação do profissional que vai construir e gerenciar projetos nesse universo quase fantástico precisa estar estreitamente alinhada às necessidades do mercado. Só assim será possível que essa visão de futuro se concretize.

4 O JEITO CONCREMAT DE INOVAR

A fundação da Concremat, em 1952, está alicerçada na inovação: com uma iniciativa visionária para a época, o professor Mauro Ribeiro Viegas expandiu seu conhecimento acadêmico para a Engenharia brasileira criando o primeiro laboratório de controle tecnológico privado do Brasil. Hoje, 70 anos depois, a maior preocupação da Concremat é que a

inovação entregue resultado e se transforme, de fato, em melhorias que agreguem valor ao cliente e à operação e que avance no rumo dos princípios ASG acima mencionados. Partindo dessa premissa, os projetos são organizados numa escala que parte dos mais incertos aos menos incertos. Isso permite que o portfólio possua abrangência de soluções para o curto prazo, sem perder a visão de futuro.

Diferentes projetos podem necessitar de diferentes técnicas de abordagem para viabilizar a inovação, começando pelos projetos de experimentação, quando se sabe que há oportunidades, mas ainda não se enxerga por onde trilhar. Outra rota é a da pesquisa avançada, criando melhores interfaces entre academia e negócios para viabilizar novas técnicas, algoritmos e, até mesmo, mercados que nem se considerava que existissem.

Outra abordagem aplica-se aos projetos estruturantes, aqueles que possuem grande impacto na entrega de valor ao cliente. Há ainda o caminho das parcerias especializadas, buscando o *know-how* de mercado e alavancando novas áreas de atuação; e o da inovação aberta (*open innovation*), para viabilizar a colaboração de vários atores em prol de um mesmo resultado.

Um exemplo de pesquisa avançada foi o projeto de petrofísica digital iniciado pela Concremat em 2014, com financiamento da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Na ocasião, foi vislumbrada uma tendência futura para o mercado de exploração de petróleo e gás.

Esse novo nicho foi pensado pela identificação dos seguintes fatores e tendências: potencial de substituição de métodos convencionais por métodos digitais, viabilizados por novas tecnologias; elevado grau de complexidade encontrado em rochas carbonáticas, que representam aproximadamente 75% dos poços a serem explorados no Brasil;[17] e constante busca por eficiência, necessária para viabilizar a exploração de óleo e gás em águas profundas.

Diante desse cenário estimulante e desafiador, a companhia enxergou oportunidade para o desenvolvimento de uma metodologia que aplicasse análise digital para a obtenção de dados petrofísicos de rochas. Foi então iniciada a pesquisa em "rocha digital", que é a criação de um "gêmeo" digital de uma rocha. Essa pesquisa une duas tecnologias complementares que atuam juntas na identificação das características de um reservatório: equipamento especializado de microtomografia e desenvolvimento de *software* de análise de dados especializado, batizado de PORE.

17 BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Relatório Balanço Energético Nacional – BEN,** 2020**.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf

A combinação dessas tecnologias fez com que a *rocha digital* se concretizasse, em 2019, com reduções de até 90 vezes no tempo para análise de petrofísica básica em comparação a métodos tradicionais, e sem utilizar processos destrutivos.

Com uma inovação cíclica, em 2021, por meio de métodos de experimentação, apostou-se no uso da mesma tecnologia de microtomografia e das bases do projeto *rocha digital* para fazer a análise de amostras em concreto de estruturas expostas a incêndios. E, mais recentemente, a Concremat estabeleceu uma parceria com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) para realizar estudos de reconstrução digital do traço do concreto. Ambas as pesquisas podem render grandes avanços para o mercado.

Quando se fala sobre essas análises digitais, não se pode deixar de citar um movimento iniciado em 2017, focado na digitalização de fiscalização de obras que, por meio de processos de inovação aberta, permitiu criar uma parceria com a *startup* Stant, buscando maior eficiência nas operações, e prover acesso rápido e transparente às informações do empreendimento aos clientes e parceiros.

No fim de 2019, a Concremat aprofundou sua parceria com a Stant, adquirindo 30% do capital da *startup*. Ao efetuar esse movimento de *corporate venture capital* na Stant, a companhia assumiu o compromisso de crescer em parceria, apostando em uma estratégia de ganhos múltiplos.

O uso da plataforma *mobile* no trabalho de gerenciamento liberou o profissional da Concremat de cerca da metade do tempo que ele levava para apurar e relatar ao cliente o andamento da sua obra, trabalho que passou a ser feito em tempo real. O gerenciador não precisa mais retornar ao escritório para tabular seus apontamentos e só então produzir seu relato.

A parceria com a Stant foi um grande passo de digitalização que permitiu à empresa concentrar atenções em projetos estruturantes, que sustentam seu núcleo de negócios, e deu início à jornada de evolução dos serviços de gerenciamento da empresa.

4.1 GERENCIAMENTO 4.0

Em fevereiro de 2019, a Concremat, focada em preservar e ampliar sua condição de liderança no mercado brasileiro de gerenciamento de obras e ciente de que o sucesso desses objetivos somente será alcançado se a organização estiver preparada para as mudanças que o mercado 4.0 sinaliza para a construção civil brasileira, deu partida ao projeto batizado de *Gerenciamento 4.0*, focado em quatro pilares: pessoas, processos, tecnologia e dados.

FIGURA 1 – Gerenciamento 4.0 na Concremat



Fonte: elaboração própria.

O pilar de pessoas, central do projeto, está intimamente conectado aos objetivos da renovação da carreira de engenheiro pretendida pelas novas diretrizes curriculares em implantação nas escolas: identificar, entender e agregar habilidades comportamentais a competências técnicas de modo a potencializar o impacto do serviço de gerenciamento da obra.

É um trabalho de reciclagem dos cerca de 3 mil colaboradores da Concremat, especialmente o corpo técnico integrado por mais de 500 engenheiros, para que eles estejam prontos a atender as exigências de um mercado mais competitivo, multidisciplinar, no qual a habilidade de relacionamento com múltiplos *stakeholders* será cada vez mais o diferencial do bom gerenciador de um empreendimento.

O pilar dos processos representa o padrão de qualidade da organização. Busca estabelecer um modelo padronizado de ganho de produtividade de modo a liberar tempo da equipe para outras formas de gerar valor para o cliente. A tecnologia é o meio, o veículo para essa entrega de maior produtividade, por meio de soluções integradas. O pilar de dados é o desenvolvimento, por meio da análise de um volume cada vez maior de informações acumuladas, da capacidade de entender o comportamento natural e as ocorrências frequentes no empreendimento, de modo a antever problemas e se antecipar à perspectiva de retrabalho.

Na prática, os quatro pilares acima estão intimamente conectados ao propósito de investir cada vez mais em inovação. A inovação torna-se perceptível quando ela não é mais um movimento de eficiência e produtividade e, sim, quando conquista o esperado valor agregado. Pelos quatro pilares do Gerenciamento 4.0, o profissional da Concremat e o cliente tornam-se mais conectados, permitindo que se possa fazer o trabalho mais nobre de influenciar assertivamente o bom andamento das obras e as respectivas tomadas de decisão para correções de rumos.

4.2 A PANDEMIA E A INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A pandemia de Covid-19 rompeu com a forma milenar de relacionamento entre as pessoas, marcada pela proximidade. Para as companhias, o desafio ainda maior foi o de como manter a produção e a prestação de serviços nesse ambiente de confinamento. Para que o desastre não fosse maior, as empresas precisaram inovar *a toque de caixa* no seu *modus operandi*.

No plano administrativo, o *home office*, uma ideia antiga, mas nunca generalizada, tornou-se a alternativa normal de trabalho, viabilizada pela infinidade de recursos que o desenvolvimento de *softwares* para a internet nos apresenta a cada dia. Reuniões remotas, palestras, seminários e até congressos internacionais on-line tornaram-se rotina.

No trabalho de campo, em que as dificuldades para executar obras e manter um nível seguro de cuidados são infinitamente maiores, a inovação tecnológica também deu sua contribuição para preservar vidas, e as soluções *mobile*, nos modos da plataforma Stant, mostraram esse *plus* inestimável, reforçando a alternativa da apresentação de relatórios de campo em tempo real, sem necessidade de encontros presenciais.

Soluções no mesmo caminho – como o uso de drones para monitoramento, foram ao encontro do foco maior das organizações do setor da construção durante a pandemia – são empreendidas no esforço de preservação dos negócios em meio ao vendaval da crise, como aponta, em suas conclusões, a pesquisa Deloitte/Terracotta.

Outra pesquisa da consultoria Inventta,[18] esta específica sobre o ambiente da pandemia e abrangendo todos os setores, constatou que, sob a pressão do caixa provocada pela queda da demanda e da rentabilidade, 52% das organizações não apenas reduziram os investimentos em inovação, como centraram o foco na inovação de curto prazo, justamente em busca de alternativas para a preservação dos seus negócios.

Do conjunto de questões propostas e respostas colhidas, os responsáveis por ambas as pesquisas concluíram, no que toca aos efeitos da pandemia, haver sinais de que a redução

18 INVENTTA. **A Inovação não pode parar – mantendo a transformação ativa no cenário atual**, 5 maio 2020.

dos investimentos e o foco no curto prazo não significam abandono de uma estratégia inovadora permanente, havendo sinais claros de que, passada a borrasca, os frutos colhidos no curto prazo servirão de estímulo à continuidade dos esforços inovadores. A Inventta, por exemplo, relatou claro esforço de preservação das equipes de inovação naquelas organizações que já as haviam constituído.

Na Concremat, a expectativa é que as novas DCNs e os impactos que elas levarão ao ambiente universitário já sirvam de estímulo a essa retomada, na medida em que serão protagonistas de uma interação inovadora entre academia e organizações empresariais, em bases agora estruturadas para espraiar, no ambiente econômico brasileiro, os parâmetros para o crescimento trazidos pela quarta revolução industrial. Espera-se esse cenário o mais brevemente possível, em um contexto de normalidade sanitária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS – LADO A LADO COM A ACADEMIA

Em encontro virtual com um grupo de estagiários da Concremat, realizado em fevereiro deste ano, com o objetivo de passar um pouco de experiências e sentir o impacto que o ambiente empresarial estava gerando sobre eles, foi aplicada ao grupo uma rápida pesquisa com duas perguntas. A primeira quis saber o que mais lhes chamara a atenção no ambiente de trabalho quando começaram o estágio. A segunda, o que eles aprenderam no ambiente de trabalho que não tinham visto na universidade. As respostas eram induzidas.

No primeiro caso, 50% das respostas disseram respeito à interdisciplinaridade do ambiente de trabalho e 26% à aquisição de conhecimento técnico-comportamental que não viram no ambiente acadêmico, somando 76% do total de respostas (havia outras opções de respostas além dessas duas). Na segunda pergunta, 75% optaram diretamente pela resposta que falava do impacto do relacionamento com o cliente, com outros profissionais e com outras empresas.

Observa-se pelas respostas o quanto o estudante de Engenharia brasileiro, ainda, está encerrado entre as paredes das salas de aulas e o quanto eles anseiam por uma interação com o ambiente profissional, ainda, na fase de formação. Esse intercâmbio, claro, já existe, mas é reconhecidamente insatisfatório.

A experiência da Concremat como participante da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), no processo que levou à publicação das DCNs em processo de introdução nos currículos dos cursos de Engenharia, mostrou que essas diretrizes, paralelamente ao objetivo maior de elevar a qualidade do ensino da Engenharia no Brasil, alinhando-o com

os objetivos perseguidos nos países mais avançados social, econômica e ambientalmente, irão contribuir para preencher aquelas lacunas expostas pelos estagiários da companhia.

Como normas orientadoras de projetos e cursos de graduação em Engenharia, as diretrizes chegam às escolas com o propósito de elevar a qualidade dos cursos, mudando a concepção da formação de um paradigma com foco estritamente em conteúdo para o de construção de competências, resumidas como a soma de habilidades com atitudes e conhecimentos. Está explicitado também o objetivo de que desde o início do curso sejam implantadas atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade, de modo a conjugar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas.

Busca-se unir a sala de aula às experiências no campo, levando o estudante a se envolver desde cedo com as soluções de problemas que se apresentam no mundo real, sempre dentro da perspectiva holística que se impõe a um mundo orientado a tornar concretos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) – o que não significa, como às vezes transparecem algumas vozes mais conservadoras, que se esteja caminhando para transformar as faculdades de Engenharia em cursos de Sociologia ou de Comunicação.

A simples leitura mais atenta das diretrizes vai constatar que nada mais apressado e equivocado do que esse tipo de percepção. O cuidado maior daqueles que as formularam foi o de assegurar que as escolas de Engenharia mantenham o rigor da formação técnica que construiu aquele conceito do profissional brasileiro mencionado na abertura deste artigo.

Mas é fato que as sociedades evoluíram para um contexto de multidisciplinaridade. O conhecimento cada vez mais profundo das limitações do planeta, dos desequilíbrios socioeconômicos e da necessidade de superar carências históricas – sintetizado para as companhias na sigla ASG, tudo potencializado por um enorme fluxo de informações instantâneas trazidas pelas inovações sucessivas da tecnologia da informação – impõe uma nova concepção da engenharia, da formação ao canteiro de obras, especialmente em um segmento de tendências historicamente mais conservadoras, como o de engenharia de infraestrutura.

Buscou-se aqui demonstrar que a retomada do crescimento setorial, indispensável para que se possa recuperar a também histórica contribuição à geração de empregos no País promovida pelo setor, está intimamente ligada a uma palavra-chave: inovação – ela estando nos métodos organizacionais, nos processos, nos materiais produtivos e, sobretudo, na formação de recursos humanos, que deve estar alinhada aos objetivos de uma sociedade que se pretende sustentável.

Essa nova geração de engenheiras e engenheiros que vai emergir da transformação das escolas proporcionará, certamente, mais profissionais que serão também empresários,

conselheiros e lideranças executivas, em maior quantidade e mais bem preparados. Na Concremat, busca-se capacitar as equipes com foco na tomada de decisões que venham a fazer diferença nos empreendimentos.

No universo da tecnologia da informação, persegue-se a fluência digital, o que significa fazer o melhor uso dessas ferramentas, conectá-las para tomar as melhores decisões e atitudes que se reflitam no melhor desempenho dos empreendimentos de infraestrutura. Acredita-se que, dessa forma, será possível maximizar os benefícios do universo digital para os clientes da companhia, para os investidores e, especialmente, para os usuários da infraestrutura.

No encontro com os estagiários da Concremat acima citado, o tema da digitalização praticamente passou ao largo, o que leva a supor que as inovações do mundo moderno estão de tal forma introjetadas nas mentes da atual geração de acadêmicos que são encaradas como parte dos seus cotidianos. Lembrou a história do dia em que, em um museu, uma criança de 9 anos de idade foi apresentada a um aparelho de telefonia fixa. Ela reagiu imediatamente: “Onde está a câmera?”.

Aceita essa hipótese, quer dizer que as novas DCNs irão simplesmente adequar os cursos de Engenharia ao perfil da nova geração de estudantes. O desafio para a academia e, especialmente, para as organizações empresariais será o de, pautados em currículos holísticos e mais atentos à experiência profissional, promover o encontro desses egressos digitais com a formação analógica da geração sênior, transformando o aprendizado dos primeiros e a experiência dos segundos em um intercâmbio de oxigênio.

É esta a concepção que a Concremat está levando para a parceria em desenvolvimento com o universo acadêmico. O projeto está assentado em três pilares: ciclos de palestras, programa de estágio e desafios práticos de intercâmbio com a graduação e a pós-graduação. O primeiro busca, por meio de palestras dos engenheiros da empresa, compartilhar com as universidades a realidade de mercado vivenciada no setor.

O programa de estágio busca levar diferenciais, no âmbito do gerenciamento de obras de infraestrutura, desenvolvidos pela organização às instituições conectadas ao ecossistema da empresa e, ao mesmo tempo, permitir o acesso de profissionais aptos a atuar no setor à realidade da Concremat, o que resultará em maior retenção e melhor ciclo de formação de profissionais e especialistas.

O programa de desafios à academia, talvez o mais ousado dos pilares, deve levar aos estudantes problemas concretos, técnicos e/ou teóricos, de modo que se possa captar contribuições acadêmicas para as necessidades do negócio e permitir que os alunos tenham mais conhecimento sobre os problemas reais do mercado.

Os desafios desdobram-se em temas específicos a serem desenvolvidos com cada área da Engenharia. Como exemplos daqueles já mapeados, pode-se relacionar, na área de Engenharia de Materiais, o mapeamento de técnicas avançadas e/ou experimentais de prolongamento de vida útil de estruturas submersas e técnicas inovadoras de reconstituição de materiais compostos.

Na área de Ciências da Computação, são propostos, entre outros desafios, interfaces para *softwares* de BIM para infraestrutura e uso de realidade aumentada para manutenção e gestão de ativos. Na área de Engenharia Civil, os estudantes são desafiados a mapear as melhores práticas e evoluções tecnológicas para tratamento de água e esgoto que possam ser trazidas para o mercado brasileiro, o real *status* do universo das *infratechs* e o que pode ser feito para reduzir as lacunas de cadastramento das redes urbanas de infraestrutura enterradas.

Finalmente, na área de Engenharia de Robôs, os desafios já mapeados propõem aos alunos encontrar as melhores estratégias de robotização para laboratórios de materiais e a viabilizar maquinários autônomos para *sites* de obras.

São parcerias que a companhia pretende expandir e aperfeiçoar, sempre com o objetivo aqui exposto de contribuir para o avanço do ensino da Engenharia no Brasil, alinhado às melhores tendências internacionais e aos princípios ASG aqui enfatizados. O entendimento é que, com essa proposta à academia, a Concremat oferece uma modesta contribuição àquele papel aglutinador das organizações destacado na abertura desse texto.



CAPÍTULO 3

O FUTURO DA ENGENHARIA NA PERSPECTIVA DA ARCELORMITTAL

Paula Harraca[1]

1 INTRODUÇÃO

Estamos vivendo uma nova revolução... mais uma?! Pois é, não terminamos de sair da quarta revolução industrial e o pensamento de soluções de inteligência artificial, *big data* e internet das coisas (IoT), entre outras tecnologias digitais, já deram início a um novo momento da nossa história, que está longe de acabar. De fato, é só o começo.

Um ponto de partida importante é que, apesar de a tecnologia ganhar destaque nesses processos acelerados de transformação, uma coisa é certa: o que está no centro dessa nova revolução, definitivamente, são as pessoas. Essa mudança está sendo impulsionada, principalmente, pela revisão, inclusão e reposicionamento dos valores que regem o mundo dos negócios: bem-estar, felicidade, impacto social, respeito, justiça e inclusão. Estes são os novos princípios que irão permear as relações organizacionais e sociais daqui para frente, na busca de um modelo que viabilize uma nova forma de crescimento sustentável da humanidade.

Na ArcelorMittal, trabalhamos para ser competitivos e prosperar no mundo de amanhã. Isso significa que precisamos entender como o mundo está evoluindo, não só do ponto de vista econômico e de mercado, mas também em termos dessas megatendências sociais e ambientais que irão moldar o nosso futuro.

Temos a inovação em nosso DNA. Como indústria de base, estamos sempre nos reinventando para oferecer ao mercado mais do que só commodities, uma proposta de valor que tenha como base soluções em aço. Acreditamos que não conseguiremos isso sozinhos, precisamos estar abertos ao ecossistema que nos rodeia e às parcerias estratégicas para o nosso negócio. Cada vez mais, é preciso dimensionar os impactos desde uma perspectiva holística e integrada.

Assim, com novas formas holísticas de medir o impacto das organizações no mundo, centrando nossas decisões no bem-estar do ser humano e da sociedade, acredito que conseguiremos avançar e contribuir para um mundo melhor. Seja como universitários,

1 Diretora de Pessoas & Inovação da ArcelorMittal.

colaboradores, clientes, comunidades, seja como donos do capital, não podemos perder essa oportunidade. O convite é para sermos protagonistas dessa transformação.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A ArcelorMittal é uma das principais produtoras de aços do mundo. Presente em 160 países, e líder em soluções em aço na América Latina, a empresa conta com mais de 190 mil empregados e é líder em pesquisa e desenvolvimento (P&D), com 11 centros de pesquisa e 1.300 pesquisadores. No Brasil, a ArcelorMittal possui mais de 30 unidades de negócio e tem a capacidade de produção anual de 12,5 milhões de toneladas de aço bruto e 7,1 milhões de toneladas de minério de ferro.

Trabalhamos para ser competitivos e prosperar no mundo de amanhã. Isto significa que precisamos entender como o mundo está evoluindo, não só do ponto de vista econômico e de mercado, mas também em termos de megatendências sociais e ambientais que irão moldar o nosso futuro. Nosso pensamento estratégico deve ser baseado na garantia de uma posição competitiva em relação à concorrência, mas também considerando as expectativas da sociedade para uma economia mais circular e de carbono neutro. Isto permitirá que tomemos as decisões certas em relação a prioridades de investimento e que consigamos construir uma plataforma mais sólida para nossa empresa. Esse pensamento de longo prazo é essencial se quisermos assegurar o sucesso comercial contínuo e o apoio dos nossos *stakeholders*.

No Brasil, onde as operações do segmento de aços longos completam 100 anos em 2021, temos inúmeros desafios, mas também muitas oportunidades. Somos uma empresa na qual a engenharia é a fonte principal de conhecimento e está presente em grande parte do nosso processo. Estamos presentes desde a concepção de matérias-primas, como minério, produção de carvão vegetal e captação e utilização da sucata, até as grandes usinas para a produção do aço. Além disso, também somos pioneiros no *e-commerce* e possuímos a maior rede de distribuição do País.

Constantemente, vivemos intensas transformações. Com a inovação em nosso DNA, como indústria de base, estamos nos reinventando para oferecer ao mercado mais do que só *commodities*, uma proposta de valor que tenha como base soluções em aço. Queremos pensar soluções de ponta para antecipar o futuro.

Como premissa, acreditamos que as transformações não são lideradas pelas tecnologias e, sim, pelas pessoas. Estamos trabalhando para inovar de forma diferente. Baseados em valores, como sustentabilidade, qualidade e liderança, queremos materializar, cada vez mais, nosso propósito de criar aços inteligentes para um mundo melhor.

A seguir, compartilho algumas iniciativas do nosso ecossistema, essenciais para que esse propósito se torne real.

3 SUSTENTABILIDADE

O Grupo ArcelorMittal comprometeu-se com o Acordo de Paris de tornar-se neutra em carbono até 2050. No Relatório de *Climate Action Report 1*, divulgado em junho de 2019, foi oficializado esse compromisso em reduzir significativamente nossas emissões de CO^2.

Na história, vimos que a industrialização do mundo foi impulsionada por combustíveis fósseis. Na indústria do aço não é diferente. A siderurgia envolve o uso de produtos à base de carvão mineral, como coque. Embora o aço possa ter menor intensidade de carbono quando comparada a outros materiais, os grandes volumes produzidos globalmente significam que a indústria emite mais de três gigatoneladas de CO^2 anualmente, gerando cerca de 7% das emissões mundiais de CO^2.

Para isso, estamos construindo um roteiro estratégico com base em melhorias potenciais e um conjunto de inovações tecnológicas e defendendo o desenvolvimento e a implementação de regulamentos de carbono e mecanismos de mercado para permitir a rápida implantação de siderurgia de baixa emissão de CO^2.

Agora que as consequências não intencionais de usar combustíveis fósseis tornaram-se claras, a indústria mundial está tendo que se reinventar e encontrar uma nova maneira que permita o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável, minimizando danos ambientais.

A eficiência energética, o aumento do uso de sucata, o desenvolvimento de tecnologias, inovação e engajamento político são os quatro componentes da estratégia da ArcelorMittal de ação climática. Estamos trabalhando no desenvolvimento de tecnologias para vários caminhos potenciais, incluindo carbono circular e energia limpa, o que sustenta nossa ambição de reduzir significativamente nossa neutralidade do carbono em 2050.

O conjunto de tecnologias sendo desenvolvidas nos dá confiança de que estamos bem posicionados para nos alinhar com a trajetória de base científica do nosso setor.

A indústria do aço fez melhorias significativas em energia e eficiência de rendimento, reduzindo a intensidade das emissões da produção do aço nas últimas décadas. No entanto, para acelerar as reduções de emissões e alinhar-se aos exigentes objetivos do Acordo de Paris, a indústria do aço terá que fazer a transição para uma ou mais tecnologias de baixa emissão.

4 FOCO DO CLIENTE

O foco do cliente é prioridade na ArcelorMittal Aços Longos. Investimos em ações e projetos que ofereçam aos nossos clientes uma experiência positiva para que fiquem satisfeitos com nossos produtos e serviços e, consequentemente, mais leais a nossa marca.

Omnichannel

Exemplo disso é a orientação Omnichannel. Com o mercado cada vez mais orientado em marcar presença onde o consumidor está e melhorar sua experiência, tornou-se necessário buscar uma estratégia de varejo que utilize diferentes canais de comunicação para oferecer a mesma experiência de compra ao consumidor.

Isso quer dizer que seu *prospect* está buscando informações sobre seu produto e sua marca tanto no ambiente on-line quanto no off-line sem que haja diferença entre os canais.

Com base nessa tendência, o varejo da ArcelorMittal iniciou a integração das suas lojas físicas com o *e-commerce* B2C e B2B, sendo pioneiro no segmento.

Assim, o consumidor tem total liberdade para adquirir um produto na loja física e levá-lo imediatamente ou pedir a entrega. O cliente pode ainda aproveitar a comodidade de comprá-lo pelo *e-commerce* e receber o produto em casa ou também retirar na loja física.

Varejo

Outro exemplo de atuação direcionada pelo foco do cliente são os investimentos na estratégia de varejo, que aumentaram significativamente há quatro anos, a partir do trabalho com lojas físicas próprias, *e-commerce* e mais recentemente com franquias.

Nossa intenção é vender produtos e soluções em aço diretamente para o consumidor final, na quantidade que ele necessitar, e estar mais próximos ao cliente, seja ele pedreiro, serralheiro, arquiteto, dona de casa, seja pessoa que utiliza o aço para construção ou reforma.

As lojas possuem um atendimento diferenciado, realizado por consultores de vendas especializados em encontrar a solução mais eficiente e econômica para o cliente. O design arrojado e seu formato modular visam a oferecer conforto e praticidade. Com tudo isso, nosso objetivo é ofertar um atendimento padronizado e de alta qualidade, proporcionando uma compra ágil, especializada e inovadora.

Atualmente, a ArcelorMittal Aços Longos conta com 13 lojas próprias, três franquias e o canal virtual. São pontos pulverizados pelo País, que oferecem todas as linhas de produtos da ArcelorMittal, incluindo vergalhões, arames, chapas, perfis, telas, treliças, entre outros.

Expansão

As lojas próprias, mais recentemente inauguradas em Itaquaquecetuba e Belo Horizonte, fazem parte do projeto de expansão da marca no mercado.

A unidade de Itaquá traz uma inovação no conceito de atendimento. Ela funciona em um *container* que permite a realização de vendas e a retirada de alguns produtos. Essa estrutura pode ser deslocada de acordo com as necessidades dos consumidores, ou seja, conseguimos chegar aonde o nosso cliente estiver de forma dinâmica e menos onerosa.

Novas soluções para a construção civil

Atualmente, uma das maiores *dores* da construção civil é a produtividade. Enquanto a média da indústria cresce 3,6% ao ano, a construção civil cresce apenas 1%, apesar de representar 13% do PIB mundial. Por isso, buscando o foco do cliente, a ArcelorMittal investe constantemente em novas tecnologias construtivas com o objetivo de ofertar soluções cada vez mais produtivas. Alguns exemplos são:

- Armadura pronta soldada (APS): vai além do serviço de corte e dobra de aço já oferecido pelo mercado e entrega a estrutura pronta e já armada para aplicação na fôrma, de acordo com o projeto da obra. Uma verdadeira solução estrutural, que traz maior qualidade aos serviços de armação e reduz a demanda de mão de obra no canteiro.
- Fôrma incorporada: com o objetivo de complementar a solução de armaduras prontas, a ArcelorMittal oferta também a fôrma incorporada, já instalada no elemento soldado. Essa elimina o processo de fôrma e desfôrma na obra, gerando aumentos ainda maiores de produtividade, podendo reduzir até 90% o tempo necessário para montagem dos elementos. Essa solução, junto com a APS, ganhou, em parceria com a construtora Tegra e a consultoria Produtime, o Prêmio Produtividade do mesmo lado promovido pela Abrainc.[2]
- BIM: com o objetivo de digitalizar a construção civil, a ArcelorMittal desenvolve iniciativas em BIM que auxiliam o processo de montagem de armaduras prontas. Essa ferramenta permite visualizar os elementos armados antes mesmo de sua montagem, prevendo interferências, auxiliando na logística e no entendimento do cliente final da solução desenvolvida pela empresa.
- Construção modular: Apesar de ainda ser uma tecnologia embrionária, a construção modular oferece benefícios significativos em termos de produtividade na construção civil, por isso a ArcelorMittal vem desenvolvendo seu portfólio

2 Ver esse caso em: https://produtividadedomesmolado.com.br/cases/key-moema/. Acesso em: 6 jan. 2021.

de produtos e auxiliando os clientes a selecionar o melhor aço a ser aplicado em cada parte da construção. Dessa forma, é possível otimizar as estruturas modulares e torná-las cada vez mais econômicas ao usuário final.

- Custo na execução: preocupada com otimizar os custos da construção em sua execução, foi desenvolvido pela ArcelorMittal, em parceria com a Produtime, empresa do professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Ubiraci Espinelli Lemes de Sousa, o simulador de produtividade. Essa ferramenta permite estimar os ganhos de produtividade gerados ao aplicar uma solução de armaduras prontas com fôrmas incorporadas ao cliente final.
- Inovação na construção civil: a ArcelorMittal desenvolveu, por meio da Cátedra Construindo o Amanhã, em parceria com a USP e o Centro de Inovação em Construção Sustentável (CICS) o *e-book*[3] de inovação e o futuro da construção.
- Steligence: uma metodologia disruptiva criada pela ArcelorMittal que possibilita uma abordagem holística para atender às exigências da construção sustentável. Ao avaliar o ciclo de vida de um empreendimento partindo de três pilares impactos ambientais, sociais e econômicos, considerando todas as etapas construtivas, pode-se otimizar aspectos de um projeto, comparando os principais métodos construtivos do mercado com as soluções *best-in-class* da ArcelorMittal.

5 INDÚSTRIA 4.0

A ArcelorMittal está totalmente inserida no âmbito da transformação da indústria e tem buscado, cada vez mais, trazer as tecnologias habilitadoras para o seu negócio com total foco em resultados, sejam eles de segurança, performance ou custo. As iniciativas são inseridas em um contexto de *roadmap* com avaliação de retorno e priorização. A seguir, há alguns exemplos práticos do avanço da empresa no contexto dessa nova revolução.

Segurança

Segurança das pessoas é uma prioridade indiscutível na ArcelorMittal. Sendo assim, investimos no uso de tecnologias para eliminar os perigos nos processos garantindo maior segurança aos empregados.

Tecnologias – como o identificação por rádio frequência (RFID, do inglês *radio-frequency identification*) e integração de sistemas – possibilitam a realização de coletas de informações

3 CA – Construindo o Amanhã; CICS – Centro de Inovação em Construção Sustentável. **Inovação e o futuro da construção civil**, São Paulo, USP, fev. 2019. Disponível em: http://cics.prp.usp.br/wp-content/uploads/2020/05/eBookConstrucao_2019-08.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

de materiais e produtos estocados, reduzindo muito, por exemplo, a exposição de trabalhadores ao risco em áreas com cargas suspensas.

Esse mesmo tipo de tecnologia permite também a identificação de pessoas próximas a veículos, com desaceleração automática, garantindo maior segurança nos processos.

O uso de imagem aliado à inteligência artificial permite, por exemplo, a identificação de pessoas em locais controlados (zona vermelha), com ações imediatas do processo, garantindo a segurança de operadores ou interrompendo o funcionamento de equipamentos até que o local seja desocupado.

Uma vez que as limitações das soluções estão sendo diminuídas com todas essas tecnologias, há uma significativa contribuição da Industria 4.0 na melhora de resultados atuais da empresa no aspecto da segurança.

Performance e custo operacional

De maneira acelerada, os equipamentos estão se tornando mais conectados entre si e com as pessoas. Há um caminho sendo percorrido com a utilização de mais dados e uma demanda crescente de inteligência artificial para transformar os dados em resultados.

Prever comportamentos de processos e predizer falhas de equipamentos são *drivers* importantes no uso de simulação digital, internet das coisas e uso do *analytics* e *big data*. Nos processos siderúrgicos da empresa, esses recursos estão avançando no auxílio a inspeções de equipamentos, controle da eficiência global dos equipamentos e otimização de processos, bem como gestão de recursos energéticos e garantia de qualidade dos produtos. Visão computacional e *machine learning* também estão sendo utilizados para trazer mais precisão e confiabilidade aos processos.

Os equipamentos novos adquiridos estão passando por processos inovadores, na fase de projeto, como, por exemplo, a simulação por realidade virtual, permitindo literalmente enxergar o equipamento no seu futuro ambiente de trabalho e resolver problemas antes mesmo que o equipamento seja fabricado. Além disso, a realidade aumentada também já contribui com suporte à distância (com os óculos de AR).

Outro grande esforço que a empresa possui atualmente é com relação à garantia da segurança cibernética, uma vez que todas essas novas tecnologias trazem muita conectividade entre redes de TA e TI. Não é por menos que investimentos nesse setor passam por um crescimento exponencial e existem muitas ações em curso para conter os riscos.

Transformação digital

Apesar da tecnologia se fazer presente cada vez mais e ser extremamente importante para o avanço dos nossos processos, a transformação digital não trata apenas sobre tecnologia. É perceptível que muitas empresas acabam fracassando ao investirem só em automação, desconsiderando o aspecto interno e o entendimento de que toda transformação, inclusive a digital, é um processo profundo e que deve estar inteiramente ligado à cultura de uma organização. Muitas se esquecem da estratégia e passam a não considerar fatores essenciais ao negócio, como a governança, o foco do cliente e o estímulo ao *mindset* de inovação, por exemplo.

Não se trata apenas de reinventar processos operacionais, mas sim de reinventar modelos de negócio e modelos mentais. Como gosto sempre de reforçar, toda mudança acontece por meio das pessoas e só quando focamos nelas conseguimos enxergar melhor o que deve ser feito para que a transformação genuína e duradoura aconteça.

Ao considerar o aspecto que considera todo o ecossistema, na ArcelorMittal estamos trabalhando para que o *mindset* digital se torne presente e possa alavancar avanços importantes para sustentabilidade do negócio.

6 PESSOAS, CULTURA E LIDERANÇA

Há uma frase, do Walter Longo que diz: “O mundo está mudando muito rápido. Precisamos correr para não sair do lugar”. A velocidade das mudanças só tende a aumentar e isso tem impactado a nossa forma de comunicar, compartilhar, trabalhar, colaborar, ensinar, aprender, buscar informações, acessar dispositivos e criar conteúdo.

Na ArcelorMittal, a inovação e a transformação sempre estiveram em nosso DNA. Fomos a primeira empresa siderúrgica a oferecer o corte e dobra de aço para os nossos clientes da construção civil, os primeiros a ter um *e-commerce* para o aço, pioneiros também em desenvolver uma área de P&D *Best-in-class* e o açolab, primeiro *hub* de inovação aberta ao ecossistema do aço no mundo.

Sem dúvidas, a tecnologia é um dos protagonistas desse movimento, democratizando acessos, proporcionando mais conectividade e automação e impactando drasticamente a dinâmica de relações e comportamentos humanos. Apesar desse destaque, acredita-se que outros três fatores estão no centro dessa nova revolução, as pessoas, a cultura e a liderança.

Pessoas

Em um mundo que caminha para a ampla digitalização e automação, são as pessoas que verdadeiramente ajudarão as empresas a enfrentar os maiores desafios do nosso futuro. Enquanto a Indústria 4.0 se centrava, essencialmente, nas fábricas, na nova era em que vivemos, é necessário ter sabedoria para capturar os resultados da democratização da tecnologia e do conhecimento para direcionar soluções aos problemas sistêmicos. Chega-se ao fim da era da informação e dá-se início à sociedade do conhecimento e da inteligência.

Essa nova era, centrada nas pessoas, propõe o resgate da nossa humanidade, a renovação da conexão com nosso interior, com nossos valores e com um propósito maior que a nossa agenda pessoal. Mais do que bater metas, que podem ser egoístas e de curto prazo, deve-se considerar todo o ecossistema que nos rodeia e dimensionar os impactos desde uma perspectiva holística e integrada.

É necessária uma nova abordagem, um novo olhar na estratégia de gestão dos negócios: é preciso gerar valor, relacionamento e experiência, colocando as pessoas no centro das nossas decisões. Diante disso, vemos um novo movimento se fortalecendo, o *people centricity*, estratégia derivada do *customer centricity*. Ambos visam estruturar os modelos vigentes de gestão de pessoas baseada em profundo conhecimento do público com quem se está trabalhando, buscando personalização e foco do cliente, gerando um propósito comum que se traduza em propostas de valor relevantes e resultados sustentáveis.

Em meio a esse contexto, as competências humanas, como pensamento analítico, aprendizagem ativa, resolução de problemas, criatividade, iniciativa, empatia e inteligência emocional, serão essenciais. O que diferencia as empresas inovadoras das demais são as pessoas. São elas que criam e implementam uma estratégia sustentável.

Cultura

Uma empresa que visa à sustentabilidade precisa conhecer sua cultura e, mais importante, saber transformá-la para que ela seja um protagonista na condução da estratégia de futuro.

A cocriação e a colaboração fazem parte da nossa trajetória e da cultura da ArcelorMittal. Nossa história foi construída por muitas mãos. Estamos imersos em uma comunidade que pensa o futuro do aço, comprometida em realizar o melhor trabalho para nossos clientes e parceiros.

Para assegurar nosso propósito, estamos em busca de profissionais que desejam impactar o mundo com ideias inovadoras, ousadia e criatividade. Para nós, pessoas que pensam de forma diferente geram soluções inovadoras e respostas mais criativas diante dos desafios, nos ajudam a evoluir em nossa cultura.

Por isso, valorizamos a diversidade como fonte de novas perspectivas para os negócios e promovemos um ambiente de trabalho inclusivo, no qual todos têm as mesmas oportunidades de desenvolvimento humano e profissional.

Temos o compromisso de garantir que todos, mais do que aceitos em sua individualidade, sejam respeitados e valorizados. Promover a inclusão, o respeito e a empatia, significa apostar no compartilhamento de valores que colaborem com a construção de uma sociedade mais justa e inclusiva. É uma maneira de integrar propósito e autenticidade dentro da empresa. Nesse sentido, a ArcelorMittal atua para que os empregados tenham orgulho não apenas de exercer as suas funções, mas também de fazer parte de um ambiente que dialogue com princípios relevantes e significativos para a sociedade.

Liderança

Ser líder para a ArcelorMittal é ter pensamento visionário e ter vontade de desafiar o *status quo*, é defender novas ideias e novas formas de operar. Devemos estar abertos à mudança, focados em impulsionar a inovação e em buscar oportunidades de transformação. É não esperar que os outros nos mostrem o caminho: nós encontramos o caminho e, ao fazermos isso, demonstramos aos *stakeholders* o valor que a nossa empresa pode trazer para a sociedade.

Para entregar uma proposta de valor diferenciada, é preciso ousadia. É preciso fazer diferente e melhor, para assim desenvolver uma visão ampliada e estratégica, trazer o futuro para o presente e alcançar nossos objetivos.

É preciso ter humildade para aprender com os erros e reconhecer as limitações, aprender e dar exemplo para seu time. A liderança que inspira verdadeiramente o time é aquela que dá o exemplo e tem a coragem de mostrar seu verdadeiro eu.

Além disso, a busca pelo resultado deve ser fruto da aplicação direta do talento da equipe, a liderança da ArcelorMittal trabalha junto, busca construir verdadeiras relações de confiança e se dedicar verdadeiramente ao desenvolvimento do time, influenciando, servindo e orientando rumo ao futuro.

7 PARCERIAS E ECOSSISTEMA

Criado pela ArcelorMittal Aços Longos Latam em julho de 2018, o Açolab é o primeiro *hub* de inovação da indústria do aço no mundo. Localizado em Nova Lima (MG), próximo à sede da ArcelorMittal em Belo Horizonte, atua junto a todas as unidades da empresa na América Latina.

O Açolab visa a aumentar a competitividade da empresa, viabilizando novos negócios, projetos de alto valor agregado e promovendo conexões de impacto, com estímulo à cultura de inovação e mudança de mindset.

Com essa iniciativa, nosso propósito é impulsionar a sustentabilidade do negócio por meio da inovação, gerando valor para clientes, empregados e ecossistema.

Para isso atuamos em cinco pilares estratégicos:

1) Projetos e conexões.
2) Captura de fomento.
3) Novos negócios e investimentos.
4) Cultura e competências de inovação.
5) Relacionamento estratégico com o ecossistema de inovação.

No primeiro pilar, geramos valor para o negócio e o ecossistema de inovação aberta, por meio do estabelecimento de conexões estratégicas e do codesenvolvimento de provas de conceito (PoC) e produtos mínimo viáveis (MVP).

Nós testamos e validamos novas abordagens de forma ágil, comprovando ganhos potenciais e apoiando a implantação das iniciativas aprovadas.

Todos os projetos são desenvolvidos utilizando metodologias ágeis com *squads* compostos por pessoas das áreas do negócio envolvidas, o Açolab e os parceiros externos.

No total foram executados 20 MVPS e PoCs em 2020, envolvendo várias áreas do negócio e com ganhos significativos.

Para alavancar o desenvolvimento, o Açolab trabalha para capturar recursos externos que possam ser aplicados a essas iniciativas.

Analisamos também oportunidades de negócio relacionadas ao aço em vários setores e trabalhamos com as áreas da ArcelorMittal e nossos parceiros externos para viabilizar a captura dessas oportunidades.

Sob o ponto de vista da cultura de inovação, estimulamos o desenvolvimento de um *mindset* inovador para os empregados, favorecendo um ambiente participativo, colaborativo e com amplo exercício da cocriação.

Para isso, o Açolab lança vários programas envolvendo os empregados e mantemos uma rotina de capacitações em diversas metodologias e ferramentas, como *scrum*, OKRs, *design thinking* entre outros.

Mantém também um amplo relacionamento com o ecossistema de inovação, por meio de parcerias estratégicas e da realização de eventos de destaque.

7.1 EXEMPLOS DE RELACIONAMENTO (HACKATHONS, DESAFIOS, PITCHS, EVENTOS)

Os eventos realizados pelo Açolab reuniram mais de cinco mil pessoas em 2020. Todos os eventos são abertos ao público e contam também com a participação de empregados da ArcelorMittal.

Meetups

Painel com especialistas de várias áreas com compartilhamento de experiências e tendências relevantes relacionadas à inovação aplicada aos negócios. Um *benchmarking* com participantes escolhidos cautelosamente.

Temas como o papel da inovação aberta no pós-covid, os desafios das *startups* na hora de fechar negócio com multinacionais, a transformação digital e a importância da tríplice hélice para a inovação foram discutidos em 2020.

Além dos eventos, o Açolab realiza *hackathons*, desafios e *pitch days* focados na resolução de dores e captura de oportunidades externas.

Hackathons

Os hackathons são realizados em parceria com as áreas da ArcelorMittal e reúnem empregados e/ou pessoas do ecossistema, que encaram o desafio de buscar soluções para um segmento ou dor interna, em uma maratona que dura normalmente 48 horas.

Um dos *hackathons* recentes realizados pelo Açolab foi em parceria com a área de logística e abordou o processo de fretes. No total, 35 oportunidades foram mapeadas, sendo 12 delas selecionadas para implementação, e trouxeram, ainda, melhorias significativas para o processo. Cinquenta pessoas de várias áreas participaram dessa iniciativa.

Botathon

Maratona de desenvolvimento de robôs (RPA) para automação de processos críticos.

Em 2020, foi realizado o nosso primeiro Botathon em parceria com a área de Suprimentos da empresa. Mais de 200 ideias foram submetidas e avaliadas por uma banca, que selecionou as 10 melhores para serem desenvolvidas durante uma maratona com disputa entre equipes que durou uma semana.

Pitch Days

Um dia inteiro, todo mês, dedicado a escutar o ecossistema.

Qualquer um pode se inscrever para participar: *startups*, empresas, estudantes, professores, pesquisadores, etc. As propostas passam por uma pré-avaliação e as pessoas envolvidas com aquelas consideradas mais atrativas são convidadas para realizar uma apresentação para o time do Açolab e das áreas do negócio e podem se transformar em projetos ou novos negócios.

Desafios

O Açolab realiza chamadas abertas ao ecossistema de inovação em parceria com as áreas do negócio e outras empresas parcerias para captar soluções de alto valor agregado.

Em 2020, foram realizadas duas chamadas de inovação relacionadas à Covid-19, uma em busca de soluções para auxiliar hospitais parceiros da rede Aberta Saúde e outra com foco em soluções que facilitassem o retorno dos nossos empregados aos escritórios, juntamente com outras grandes empresas parceiras da ArcelorMittal (Saint-Gobain, Oxiteno, VLI e Andrade Gutierrez). No total, foram mapeadas mais de 400 soluções de *startups* do Brasil e do exterior, organizadas em quatro verticais:

- Sanitização de ambientes, pessoas e Equipamento de proteção individual (EPIs).
- Medição de temperatura de forma rápida.
- Utilização correta de máscaras.
- Triagem/anamnese.

Entre as soluções testadas, destaca-se a *startup* Mindify, que desenvolveu protocolos de atendimento automatizados utilizando inteligência artificial.

7.2 PARCERIAS COM ENTIDADES E UNIVERSIDADES

A empresa desenvolveu parcerias estratégicas com a USP para idealização da Cátedra Construindo o Amanhã, que visa aumentar a produtividade do setor da construção e promover pesquisas e formação de profissionais. Uma das primeiras iniciativas do convênio é a construção do novo prédio do Centro de Inovação em Construção Sustentável (CICS), na Cidade Universitária, na capital paulista.

Em parceria com a Cátedra, o Açolab tem desenvolvido iniciativas de inovação envolvendo estudantes da USP.

Já com a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG) e Centro de Inovação e Tecnologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (CIT/SENAI) de Minas, a empresa criou o Centro de Inovação da ArcelorMittal para a Indústria (Ciami), em Belo Horizonte, com o intuito de desenvolver projetos de inovação e pesquisa com foco nas dores e oportunidades junto a nossos clientes. Projetos inovadores estão sendo desenvolvidos no Ciami, relacionados à manufatura aditiva e nanotecnologia.

A ArcelorMittal, representada pelo Açolab, faz parte do Programa HousingPact, uma iniciativa de impacto social envolvendo *startups* e que tem como patrocinadoras várias empresas de destaque, como BASF, CBMM, Duratex, Fundação Tide Setúbal, HM Engenharia, InterCement, Instituto InterCement, NeoAlfa e Vale.

É uma aliança que acredita que, ao atuar em rede, é possível desenvolver a oferta de empresas, produtos e serviços ligados ao setor de habitação para população de baixa renda, que vivem em situação de vulnerabilidade social e econômica.

O programa está em sua segunda edição e já realizou uma chamada nacional envolvendo dezenas de *startups* e investimento em soluções inovadoras, como a da *startup* Água V, que capacitou jovens em tecnologias de captação e reaproveitamento da água da chuva.

Empower

O Açolab coordena os programas de cultura de inovação e intraempreendedorismo da empresa, que propiciam aos empregados participarem do movimento de inovação interno, com a sugestão e implementação de ideias inovadoras e relevantes ao negócio.

Embaixadores da Inovação

São representantes das áreas do negócio, junto ao Açolab. Têm a missão de levar a inovação ao dia a dia da empresa e também identificar oportunidades para conexão com o ecossistema. Participam de trilhas de inovação e atuam no compartilhamento do conhecimento em suas áreas e no engajamento dos empregados.

O grupo de Embaixadores da Inovação possui atualmente quase 60 pessoas, representando várias áreas da empresa em todo o Brasil.

DNA Inovador

Programa para desenvolvimento de novas ideias por meio do talento empreendedor dos nossos empregados. Tem periodicidade bienal, sendo constituído por capacitações, mentorias, uso de metodologias ágeis, *squads* e MVPs com investimento da empresa nas soluções selecionadas.

O grupo ganhador da última edição do programa desenvolveu um sistema capaz de prever e corrigir falhas de equipamento que poderiam ocasionar sucatas de processo. A iniciativa já foi implementada e está sendo expandida para outras unidades do grupo, com ganhos significativos.

Programa InovAção

Programa anual de ideias de inovação incremental destinado a empregados de nível operacional, com testes práticos e reconhecimento das melhores soluções.

Em 2020, foram submetidas mais de 2.400 ideias envolvendo unidades em todo o Brasil.

Como resultado desses e de outros esforços, a ArcelorMittal ocupa posição de destaque no cenário nacional em inovação. Com o apoio do Açolab, foram conquistados prêmios relevantes em 2020, como o 1º lugar em Inovação no *ranking* do jornal Estadão e o 2º lugar no *ranking* da 100 *open startups* entre as empresas com maior atuação em inovação em parceria com *startups* no País.

8 CONCLUSÃO: LIDERAR E ABRIR CAMINHOS

Como mencionado nas seções anteriores deste capítulo, nosso produto e nossas ações acompanham as mudanças do mundo. É assim que nós escolhemos nos apresentar com soluções para o mercado e não mais como um fornecedor de *commodity*. Liderança é muito além da responsabilidade, é um grande desafio que temos que superar diariamente. É por meio das pessoas e de seus olhares atentos para a inovação e para as oportunidades de evolução e superação constantes que temos obtido resultados que nos deixam cada dia mais orgulhosos e confiantes. Alinhados a essa crença, reforçamos, a cada dia, nosso compromisso com a diversidade e com o respeito à individualidade de cada um, para conseguirmos ser #UmSóTime. Atentos a essa questão, recentemente, anunciamos a meta de termos ao menos 30% de mulheres entre nossos empregados até 2030. Atualmente, esse número representa 14%.

Sabemos que estamos no início de uma longa jornada para tornar nossa empresa mais diversa e inclusiva. Junto com todo o ecossistema, queremos contribuir para que essa transformação aconteça e, assim, construir um mundo melhor para todos.

Acreditamos na abertura para parcerias estratégicas com o governo, universidades e outros *players* os quais nos relacionamos. Sabemos que vivemos um momento de aceleramento de mudanças. Não podemos esquecer que imaginação e intuição são habilidades que as máquinas não podem copiar. São elas que nos diferencia.

Por acreditar no poder da colaboração, seguimos firmes a fim de estreitar relacionamentos, em especial com aqueles que estão dispostos a olhar para frente e construir o futuro junto com a gente.

PARTE II
BOAS PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR



CAPÍTULO 4

EXPERIÊNCIAS DO SENAI-CIMATEC NA REFORMULAÇÃO DA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA: DO DESENHO CURRICULAR À AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Tatiana Gesteira de Almeida Ferraz[1]
Marcelle Rose da Silva Minho[2]
Rafael Gonçalves Bezerra de Araújo[3]
Sayonara Nobre de Brito Lordelo[4]
Tarso Barreto Rodrigues Nogueira[5]

1 INTRODUÇÃO

Parte significativa dos atuais cursos de Engenharia ainda se baseia no passado, isto é, tem o seu alicerce construído sobre modelos curriculares concebidos na segunda metade do século passado, fundamentados nas experiências francesa, alemã e anglo-saxônica.[6] Não se pode também desconsiderar o forte viés regulatório presente hoje no País, que acaba por influenciar, de alguma forma, os esforços na direção da mudança. Mas por que mudar? Por que buscar uma organização diferente, inovadora, em um curso de Engenharia? É fato que a função principal da Engenharia não alterou de forma significativa. Krick já dizia, na década de 1970, que a engenharia

> é a profissão essencialmente dedicada à aplicação de um certo conjunto de conhecimentos, de certas habilitações e de uma certa atitude à criação de dispositivos, estruturas e processos utilizados para converter recursos a formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas.[7]

---

1 Pró-reitora Administrativo-Financeira do Centro Universitário do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI-Cimatec).

2 Líder técnica do Projeto de Inovação Acadêmica do Centro Universitário SENAI-Cimatec.

3 Pró-reitor de Graduação do Centro Universitário SENAI-Cimatec.

4 Coordenadora Pedagógica do Centro Universitário SENAI-Cimatec.

5 Pró-reitor de Assuntos Comunitários, Estudantis e de Extensão do Centro Universitário SENAI-Cimatec.

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

7 KRICK, E. V. **Introdução à Engenharia**. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1979, p. 35.

A questão é que o contexto de mundo e a dinâmica de intensas transformações exigem uma adequação da forma de pensar e de formar engenheiros. Já no início dos anos 2000, havia uma forte percepção global que mudanças eram fundamentais. Em uma reunião em Praga, no ano de 1999, o professor Georges Lespinard, então representante da *Commission de Titres* para a Engenharia na França, definiu o novo engenheiro como um profissional que precisa qualificar-se em quatro atributos: técnico; científico; gerencial; e humano e social.[8] No Brasil, movimento semelhante seguia na mesma direção, como comprovado pelo trabalho de Silveira,[9] para quem as mudanças sociais e de mercado exigem a revisão da função do engenheiro e, o mais importante, de sua formação.

As mudanças na organização dos cursos de Engenharia envolvem a discussão de competências e de novos temas quase sempre ausentes no modelo tradicional de curso instalado no Brasil no século XX. O trabalho de Badran[10] sustenta que o desenvolvimento tecnológico é baseado em talentos criativos e inovadores. Para o autor, a inovação é o fundamento de qualquer progresso competitivo, industrial e, até mesmo, econômico. E qual o principal ator nesse palco da inovação? Ainda segundo Badran, o engenheiro é o principal desenvolvedor da tecnologia. Portanto, o engenheiro precisa ter algumas capacidades, atributos ou habilidades específicas a fim de se revelar, de fato, como protagonista no processo de inovação. Mais recentemente, segundo Bourn,[11] tem havido uma crescente percepção de que os engenheiros precisam de melhor compreensão dos problemas que estão tentando resolver e das consequências sociais, culturais e econômicas da sua atuação. Logo, os novos currículos precisam criar mecanismos para que o novo engenheiro seja capaz de entender o impacto das soluções de engenharia de forma global, econômica, ambiental e social.

Mas como organizar um curso de Engenharia nesse novo paradigma? Certamente, essa resposta não é fácil. No entanto a solução parece passar pela construção de um currículo baseado em competências e na atenção à realidade atual e nos contextos mais prováveis que se desenham para o futuro. Para Nitzke e Vital,[12] a elaboração do projeto pedagógico para um curso de Engenharia deve ter como suporte básico o conhecimento aprofundado da realidade na qual se insere, de forma a construir um currículo que atenda às demandas geradas pelo setor industrial e de serviços e que esteja em sintonia com a responsabilidade social, científica e tecnológica a ser exercida por seus egressos.

8 INSTITUTO EUVALDO LODI. **Cadernos de tecnologia**. Rio de Janeiro: IEL/RJ, 2001.

9 SILVEIRA, 2005.

10 BADRAN, I. Enhancing creativity and innovation in engineering education. **European Journal of Engineering Education**, v. 32, n. 5, p. 573-585, 2007.

11 BOURN, D. The Global Engineer. *In*: **Understanding Global Skills for 21st Century Professions**. London: Palgrave Macmillan, 2018, p. 201-219,

12 NITZKE, J. A; VITAL, A. M. L. Avaliação curricular em engenharia de alimentos: visão dos egressos. Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Cobem. **Anais Eletrônicos...**, Vitória, 2004.

Nesse sentido, visando formar engenheiros com o perfil aderente aos desafios contemporâneos e aptos a transformar positivamente o futuro, o Centro Universitário SENAI-Cimatec estruturou e vem implantando, desde 2017, o Projeto de Inovação Acadêmica em sete cursos de Engenharia ofertados pela instituição. O projeto, que já envolveu mais de 70 pessoas entre gestores, coordenadores de curso, coordenadores pedagógicos e professores, contempla ampla reformulação das matrizes dos cursos, novos métodos e tecnologias educacionais, foco no desenvolvimento de competências, capacitação de professores e alterações na infraestrutura, referenciando-se em pesquisas e boas práticas nacionais e internacionais.

Nos itens a seguir, serão apresentados alguns requisitos estabelecidos nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para a graduação em Engenharia e a experiência do Centro Universitário SENAI-Cimatec no atendimento a esses requisitos e, de forma geral, aos desafios impostos para a formação do engenheiro no contexto atual. Serão detalhados os aspectos referentes ao perfil e às competências do egresso, à organização curricular, ao corpo docente e à avaliação, apresentando também as estratégias utilizadas pela instituição para integração universidade-empresa em cada um desses pilares.

2 PERFIL E COMPETÊNCIAS ESPERADAS DO EGRESSO

Um dos principais pontos do processo de inovação acadêmica realizado nos cursos de Engenharia do SENAI-Cimatec trata do processo de construção das competências profissionais dos egressos. É fato que as atividades profissionais exigem a mobilização de competências que envolvem domínios cognitivos mais complexos e que vão além da dimensão técnico-científica.

Os processos formativos baseados em currículos por competências buscam um equilíbrio no desenvolvimento das competências técnico-científicas e competências transversais. É importante destacar a diferença entre ambas. Por um lado, as competências técnicas são empregadas em situações específicas de determinada função profissional. Já as competências transversais, por outro lado, estão mais relacionadas à qualidade subjetiva do desempenho e envolve aspectos relacionados ao trabalho em equipe, comunicação, adaptabilidade e autonomia.[13] É exatamente a junção das duas tipologias de competências que garantem uma formação capaz de preparar o profissional para lidar positivamente com situações adversas em seu contexto de trabalho.

13 MORENO, M. L. R. De la Evaluación a la Formación de Competencias Genéricas: aproximación a un modelo. **Revista Brasileira de Orientação Profissional**, v. 7, n. 2, p. 33-48, 2006.

As DCNs apresentam como características gerais atribuídas aos egressos dos cursos de graduação em Engenharia, entre outros aspectos, visão holística, liderança, cooperação, autonomia, empreendedorismo, reconhecimento da diversidade, criatividade na resolução de problemas, valorização da ética, atenção aos aspectos globais (políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais) e responsabilidade social.[14] Portanto, torna-se claro que cabe às instituições formadoras a missão de compor um perfil de egresso que vá além dos aspectos determinados pelo conhecimento técnico-científico. Dessa forma, é necessário formar profissionais que, além das competências técnicas específicas, apresentem competências transversais calcadas em estímulo e valorização das aptidões humanísticas.

Além das perspectivas para construção de competências, há uma significativa valorização da aprendizagem por meio da prática, da recontextualização dos saberes acadêmicos, adoção de metodologias ativas de ensino onde o aluno está no centro do processo de formação. Além disso, as DCNs recomendam o emprego de atividades acadêmicas integradas que estimulem a quebra de barreiras entre as áreas de conhecimento e favoreçam o pensamento complexo, integrado e transformador. Nota-se que os discentes devem desenvolver competências para gerar novos conhecimentos, sendo estimulados à pesquisa e experimentação.[15]

Para definição do perfil do egresso e das competências a serem desenvolvidas, além das próprias DCNs, uma importante referência adotada pelo SENAI-Cimatec foi a abordagem CDIO, do acrônimo, *conceive, design, implement, operate* (conceber, projetar, implementar, operar). Por essa abordagem, busca-se formar engenheiros com amplo rol de competências alinhadas às demandas da sociedade, trazendo para o processo formativo a prática da engenharia.[16] O ponto de partida dessa reformulação foi o desenho do novo perfil desejado para os egressos dos cursos de Engenharia (quadro 1).

QUADRO 1 – Perfil do egresso de graduação em engenharia do SENAI-Cimatec

Engenheiras e engenheiros formados no Centro Universitário SENAI-Cimatec devem ser competentes em conceber, projetar, implementar e operar com eficiência e eficácia sistemas complexos de engenharia, atuando em contextos local e global, de forma inovadora e sustentável, empreendendo, liderando, gerindo e integrando equipes multidisciplinares com ética, respeito à diversidade, criatividade, versatilidade, rigor técnico-científico e responsabilidade socioambiental.

Fonte: elaboração da própria equipe do Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI-Cimatec.

14 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 28 fev. 2019.

15 BRASIL, 2019.

16 CRAWLEY, E. *et al.* **Rethinking engineering education:** the CDIO approach. 2ª ed. [S.l.]: Springer Ed., 2014.

Para a concepção do perfil profissional com vista a uma proposta disruptiva, o SENAI-Cimatec considera que, além de importantes referências pesquisadas, é essencial ouvir o contexto de atuação profissional dos engenheiros, em suas diversas dimensões. Por esse motivo, são mobilizados, além dos Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs), comitês técnico setoriais (CTSs) por curso. Os comitês são formados por representantes de empresas, egressos, representantes de outras instituições de ensino superior, representantes do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea), entre outros que possam contribuir com a construção do programa de formação. São também considerados aspectos oriundos da legislação, das DCNs, de novas demandas em ambiente produtivo, das novas tecnologias associadas aos processos de engenharia e demandas emergentes do contexto social.

No Projeto de Inovação Acadêmica, além dos comitês técnicos setoriais específicos de cada curso, foi estruturado um Comitê Técnico das Engenharias, formado por represente de empresas de diversos segmentos, assim como pela equipe técnica e pedagógica da instituição. O objetivo do grupo era propor uma lista de competências transversais comuns aos diversos cursos e aderentes ao contexto da sociedade atual. O objetivo dessas ações integradas é desenvolver, por meio de proposta pedagógica específica, um perfil de egresso capaz de atender aos atuais desafios dos processos de engenharia, apresentar caráter inovador, estímulo e valorização das competências transversais, construção/geração de conhecimentos científicos, valorização da experiência e do protagonismo dos estudantes, além de imersão gradativa e constante no ambiente profissional como um dos princípios dos processos de ensino e aprendizagem. Como resultado dessas ações e de um processo interno de refinamento, foram delineadas 16 competências gerais a serem adotadas por todos os cursos de engenharia da instituição, conforme apresentado no quadro 2.

QUADRO 2 – Competências estruturadas para as matrizes curriculares dos Cursos de Engenharia

Número	Competência
1	Utilizar ciências básicas, aplicadas e computacionais na modelagem de fenômenos
2	Empregar fundamentos de Engenharia na resolução de problemas e modelagem de soluções
3	Aplicar conhecimentos avançados, métodos e ferramentas de Engenharia em processos e sistemas, analisando resultados
4	Desenvolver raciocínio analítico para resolução de problemas
5	Investigar e realizar experimentos com vistas à produção de conhecimento
6	Desenvolver pensamento sistêmico em contextos diversos
7	Desenvolver pensamento crítico e criativo em diferentes contextos e situações
8	Construir novas competências de forma autônoma ao longo da vida
9	Administrar o tempo com eficiência e proatividade para o alcance de resultados
10	Atuar com responsabilidade social no exercício profissional
11	Liderar, integrar equipes com vista ao alcance de resultados.
12	Comunicar-se eficazmente em suas diversas formas: oral, escrita, gráfica e digital

(Continuação)

Número	Competência
13	Gerenciar projetos de engenharia nas dimensões PESTAL (político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal)
14	Conceber, projetar e simular produtos e sistemas de engenharia
15	Implementar, operar e otimizar processos, produtos e sistemas de engenharia
16	Empreender e inovar em soluções de engenharia

Fonte: elaboração da própria equipe do Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI-Cimatec.

Às competências gerais, foram acrescentadas, em cada curso, as competências específicas em atendimento aos requisitos específicos de cada formação. A partir daí foram definidas as estratégias e o percurso formativo para os cursos envolvidos no projeto, desdobrando-as nas diversas atividades acadêmicas.

3 ORGANIZAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

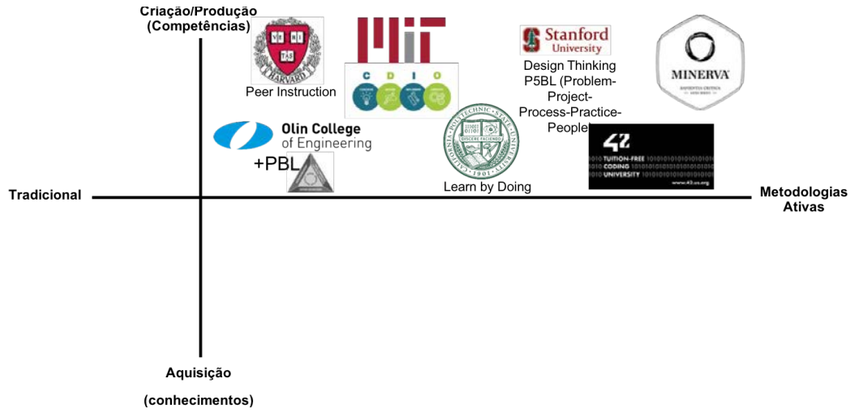
Estabelecido o perfil do egresso que atenda aos desafios da sociedade contemporânea, cabe definir como atingir a esse objetivo. Como formar engenheiros que estejam preparados para conceber, projetar, implementar e operar produtos, processos e sistemas complexos de engenharia, com valor agregado, em ambiente moderno e baseado no trabalho em equipe, conforme prevê a abordagem CDIO?[17]

O movimento de transformação da educação em Engenharia possui uma abrangência mundial e pode ser observado tanto em instituições tradicionais, quanto em instituições novas, que já nasceram nesse contexto, a exemplo do Olin College.[18] A figura 1 destaca algumas instituições de ensino superior inovadoras e disruptivas que utilizam modelos diferenciados e metodologias ativas de ensino e aprendizado em seus cursos de Engenharia. O eixo das abcissas confronta os modelos tradicionais de ensino, conteudista *versus* modelos que utilizam metodologias ativas de ensino e aprendizado. O eixo das ordenadas confronta os modelos de promoção de aquisição do conhecimento, podendo ser alcançados por meio de metodologias de ensino e aprendizado passivos ou ativos *versus* modelos para produção do conhecimento, podendo ser alcançados apenas por meio de metodologias de ensino e aprendizado ativos.

17 CRAWLEY *et al.*, 2014.

18 GRAHAM, R. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge, MA: MIT, School of Engineering, 2018.

FIGURA 1 – Análise de diversas instituições de ensino inovadoras e disruptivas



Fonte: elaboração própria.

Nos modelos tradicionais de ensino, extremamente compartimentalizados em unidades curriculares isoladas, percebe-se que diversas disciplinas da matriz curricular não são facilmente compreendidas pelos estudantes por falta de uma aproximação do contexto real de aplicação. Esse aspecto, muitas vezes, cria um distanciamento do aluno com as disciplinas, comprometendo sua formação técnica e científica e, provavelmente, seu desempenho ao iniciar-se no mercado de trabalho. O estudante deve ser motivado para gerar, aperfeiçoar, inovar, dominar e empregar tecnologias, durante a sua vida acadêmica, com o objetivo de desenvolver novos conhecimentos e soluções que atendam às necessidades da sociedade, com eficácia e custos apropriados.

As DCNs apresentam referenciais coerentes com a abordagem de ensino pautada no desenvolvimento de competências e com a transformação da educação em Engenharia que vem sendo implementada em instituições de referência em âmbito mundial. Entre as diretrizes apresentadas, ressaltam-se aqui a articulação entre teoria e prática, o estímulo ao trabalho em equipe, a implementação de atividades que promovam integração e interdisciplinaridade, o uso de metodologias ativas de aprendizagem, a incorporação de atividades que aproximem o estudante do contexto profissional.[19]

O modelo de ensino adotado anteriormente pelo Centro Universitário SENAI-Cimatec já previa o desenvolvimento de projetos integradores ao longo do processo formativo, articulação com empresas por meio de projetos que integravam teoria e prática, em um modelo de alternância no qual eram previstos intervalos de aproximadamente quatro meses no cronograma de aulas, em determinados períodos, para que o aluno pudesse ter experiências imersivas em ambientes empresariais, dentro ou fora do País. Apesar de

19 BRASIL, 2019.

já contemplar esses aspectos e dos bons resultados obtidos à época, o momento exigia uma nova mudança. Ao observar os movimentos e as boas práticas em nível mundial e os caminhos que se delineavam percorrer nas novas DCNs para a graduação em Engenharia, mesmo antes de sua publicação, o SENAI-CIMATEC reformulou seu percurso formativo dos cursos de graduação. Foi preciso ir além do trabalho individual de incorporação de metodologias ativas de ensino em disciplinas específicas e atuar no processo formativo de forma integral, observando o todo.

Foram considerados nesse redesenho os diversos papéis que os engenheiros podem assumir em suas trilhas de carreira, como pesquisador em instituições de ensino e pesquisa ou em empresas, como técnicos, atuando no projeto, na implantação e na operação de sistemas de engenharia ou também como empreendedores e gestores.[20] Ainda conforme a abordagem CDIO, compreendeu-se a importância de incorporar a prática de engenharia desde o primeiro semestre do curso e de adotar um projeto de final de curso que integrasse as competências construídas ao longo da formação.[21] Era preciso também intensificar a integração dos cursos ao ecossistema de ciência, tecnologia, empreendedorismo e inovação do SENAI-Cimatec, que, segundo Andrade,[22] busca integração e sinergia em suas diferentes vertentes de atuação: educação, tecnologia, empreendedorismo e inovação. Andrade e Nogueira[23] ressaltam, ainda, o relevante papel do SENAI-Cimatec hoje no tocante ao desenvolvimento de pesquisa e inovação diretamente alinhados ao setor produtivo, buscando soluções robustas e consistentes em resposta aos desafios impostos à indústria e à sociedade. Tais características criam oportunidades relevantes para a participação do aluno, antecipando experiências e vivências e ampliando suas competências.

Foi a partir dessas premissas e do perfil do egresso delineado que se chegou ao modelo proposto para os cursos de graduação. Os novos percursos formativos (figura 2), estruturados em 10 semestres (5 anos), preveem o desenvolvimento pelos alunos de projetos de engenharia que integram conhecimentos para solucionar problemas reais em um contexto global, regional ou local, desde o primeiro semestre, em que os alunos também cursam uma disciplina de Introdução à Engenharia. Os projetos integradores também são realizados do segundo ao quarto semestres do curso. Em cada um deles, o aluno é estimulado a investigar e solucionar os desafios apresentados sob diferentes perspectivas: empreendedora, científica e técnico-profissional, conforme as trilhas profissionais delineadas na abordagem CDIO. Essa experiência inicial visa subsidiar os alunos com elementos que os permitam optar por uma das trilhas de formação pelas quais eles deverão passar no terceiro e quarto ano do curso.

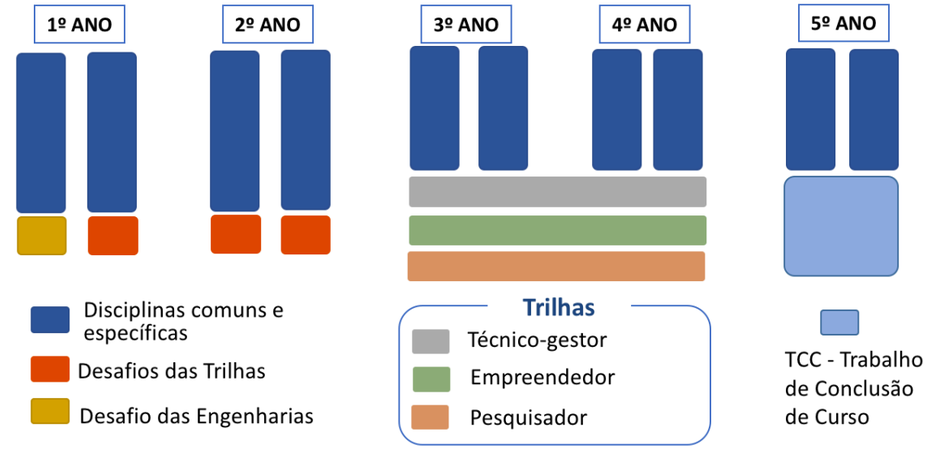
20 CRAWLEY ***et al.***, 2014.

21 Idem.

22 ANDRADE, L. P. **Modelo e método para tomada de decisões estratégicas de uma instituição de ciência, tecnologia e inovação**. 2015. Tese (Doutorado em Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, e Mecatrônica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

23 ANDRADE, L. P.; NOGUEIRA, T. B. R. A trajetória do SENAI Cimatec. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v. 34(1), p. 28-34, 2017.

FIGURA 2 – Modelo do currículo dos cursos de graduação em Engenharia do SENAI-Cimatec



Fonte: Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI-Cimatec.

As trilhas de formação (técnico-gestor, empreendedor e pesquisador) estão planejadas com atividades e acompanhamento específicos que visam aproximar o estudante de diferentes contextos de trabalho, favorecendo a construção das competências requeridas. Na trilha técnico-gestor, os estudantes integram equipes para solucionar problemas reais das empresas, podendo atuar de forma articulada com projetos e serviços em desenvolvimento no Centro Tecnológico do SENAI-Cimatec. Na trilha **empreendedor**, os estudantes recebem mentoria especializada da equipe da incubadora e aceleradora, preparando-se para empreender com sucesso, num ambiente controlado. Os alunos são estimulados a abrirem a própria empresa, não sendo esta, no entanto, uma obrigação. Na trilha **pesquisador**, o aluno participa de projetos de iniciação científica, vinculados a linhas de pesquisa do centro universitário e projetos de mestrado e doutorado em andamento. Em todas as trilhas, o aluno tem acesso a um conjunto de laboratórios diferenciados, que simulam, em muitos casos, ambientes e tecnologias industriais e, em outros, possuem estrutura *maker*, com suporte de técnicos especializados.

É importante comentar que, em todas as trilhas de formação, os estudantes atuam de forma interdisciplinar, em conjunto com colegas de outras modalidades de Engenharia, simulando, assim, um contexto real de atuação, em que a atividade de Engenharia não é desempenhada de forma isolada. Além disso, a articulação com empresas é prevista, principalmente nas trilhas técnico-gestor e empreendedor, por meio de proposição, acompanhamento do desenvolvimento e avaliação das entregas dos projetos.

No último ano do curso, o aluno deverá ainda desenvolver o projeto final de curso, que poderá ter diversos formatos a depender do seu percurso formativo (trilha escolhida) e visa consolidar as competências técnicas e transversais desenvolvidas ao longo de sua formação. As metodologias ativas de ensino são utilizadas não só nos projetos das trilhas, como nas diversas disciplinas ao longo do curso, que procuram integrar conhecimentos e desenvolver competências, conforme desdobramento do perfil do egresso. Assim, é possível observar nesse modelo o atendimento aos elementos do art. 6º das DCNs, já citados anteriormente.

4 AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES

Tendo desdobrado o perfil do egresso em competências e planejado o percurso formativo, é preciso pensar em como avaliar a aquisição de competências pelos estudantes, ao longo de seu processo formativo. Avaliar competências não é uma tarefa simples, exigindo planejamento adequado e múltiplas abordagens, principalmente quando se consideram as competências genéricas que precisam ser trabalhadas no contexto da formação de engenheiros para o século XXI.[24, 25] Conforme já foi evidenciado em algumas pesquisas, o meio acadêmico ainda carece de ferramentas para avaliar as habilidades genéricas dos estudantes.[26] Zlatkin-Troitschanskaia, Shavelson, Kuhn[27] ressaltam que "as mudanças orientadas por políticas no ensino superior, como a nova orientação para as competências, estão muito à frente das pesquisas existentes", deixando uma lacuna para os professores no que se refere à identificação e adoção de meios apropriados e cientificamente validados para avaliação das competências dos estudantes.

Apesar disso, é possível encontrar na literatura alguns caminhos a serem adotados nos processos de avaliação. Diferentes competências a serem desenvolvidas exigem diferentes formas de avaliação. A abordagem CDIO, já comentada anteriormente, apresenta

24 CRAWLEY ***et al.***, 2014.

25 MARINHO-ARAUJO, C.; ALMEIDA, L. S. Abordagem de competências, desenvolvimento humano e educação superior. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 32, n. SPE, 2016.

26 ADRIAENSEN, J.; BIJSMANS, P.; GROEN, A. Monitoring generic skills development in a bachelor European studies. **Journal of Contemporary European Research**, v. 15, n. 1, p. 110-127, 2019.

27 ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O.; SHAVELSON, R. J.; KUHN, C. The international state of research on measurement of competency in higher education. **Studies in Higher Education**, v. 40, n. 3, p. 393-411, 2015.

que muitos resultados de aprendizagem podem ser avaliados por meio da observação dos estudantes na *performance* de tarefas específicas e essa avaliação pode considerar a perspectiva de diversos agentes, além dos professores, como profissionais da indústria, patrocinadores dos projetos, especialistas em avaliação, além dos próprios estudantes.[28] Essa perspectiva aproxima-se dos conceitos de avaliação autêntica, na qual se prevê que as tarefas propostas aos estudantes devam ser mais práticas, realísticas e desafiadoras, envolvendo fidelidade ao contexto, desafios de solução aberta, trabalho colaborativo e avaliação integrada às atividades.[29]

A avaliação precisa ser entendida, no contexto formativo, como uma etapa no processo de aprendizagem, devendo ser diversificada e estabelecer-se em sintonia com os objetivos definidos para formação do profissional. Sendo assim, a avaliação deve ser centrada no estudante e não centrada no ensino, conforme comparação apresentada no quadro 3.

QUADRO 3 – Comparação entre avaliação centrada no ensino e avaliação centrada no estudante

Avaliação centrada no ensino	Avaliação centrada no estudante
Ensino e avalição são separados	Ensino e avaliação são entrelaçados
Avaliação é utilizada para monitorar o ensino	Avaliação é utilizada para promover e diagnosticar o aprendizado
Ênfase nas respostas certas	Ênfase está nos estudantes gerarem melhores perguntas e aprenderem com os erros
O aprendizado desejado é avaliado de forma indireta, pelo uso de testes objetivos	O aprendizado desejado é avaliado de forma direta por meio de artigos, projetos, desempenho em atividades práticas, entre outros
A cultura é competitiva e individualista	A cultura é de cooperação, colaboração e solidariedade
Apenas os estudantes são vistos como aprendizes	Professores e estudantes aprendem conjuntamente

Fonte: CRAWLEY et al. (2014, p. 167, tradução nossa).

As DCNs para a Graduação em Engenharia apresentam um artigo específico para tratar da avaliação dos estudantes, enfatizando que esta deve ser considerada "como um reforço em relação ao aprendizado e ao desenvolvimento das competências",[30] trazendo um caráter formativo, inserido no processo de construção das competências dos estudantes. O texto reforça que as avaliações devem ser "contínuas e previstas como parte indissociável das atividades acadêmicas",[31] conforme tratado na abordagem CDIO, se aproximando do conceito de avaliação autêntica.

28 CRAWLEY ***et al.***, 2014.

29 HERRINGTON, J.; HERRINGTON, A. Authentic assessment and multimedia: how university students respond to a model of authentic assessment. **Higher Education Research & Development**, v. 17, n. 3, p. 305-322, 1998.

30 BRASIL, 2019.

31 BRASIL, 2019.

As DCNs trazem ainda que o "processo avaliativo deve ser diversificado e adequado às etapas e às atividades do curso".[32] Ou seja, os meios e instrumentos de avaliação precisam ser coerentes com as competências que se quer desenvolver e com as práticas pedagógicas adotadas. Por exemplo, um trabalho escrito individual, como uma monografia, pode ser adequado para avaliar competências técnicas específicas e competências relacionadas à pesquisa, à análise e ao tratamento de dados, à comunicação escrita, à formulação e defesa de hipóteses, mas, certamente, não será um instrumento eficaz para avaliar comunicação oral ou competências relacionadas ao trabalho em equipe.

Como forma de garantir essa coerência entre perfil do egresso, competências, atividades acadêmicas e avaliação, o SENAI-Cimatec adota diferentes meios de avaliação em cada unidade curricular. São utilizadas provas escritas, relatórios, apresentações orais, observação da *performance* dos estudantes em atividades práticas e avaliações de protótipos e produtos desenvolvidos pelos estudantes. Para garantir essa coerência, as atividades avaliativas devem estar planejadas no Plano de Ensino – Aprendizagem – Avaliação, conforme modelo proposto por Ferraz, Lordelo e Sampaio,[33] que são analisados sistematicamente pela coordenação pedagógica e coordenação de cursos.

Com base nesse modelo, foram delineadas pela instituição algumas orientações para o planejamento do processo de avaliação dos estudantes em seus cursos de graduação:

- As estratégias e os instrumentos de avaliação devem ser diversificados e aplicados com caráter formativo, considerando o contexto no qual a unidade curricular se insere no percurso formativo.
- O processo de avaliação dos estudantes deve considerar as competências que precisam ser desenvolvidas na unidade curricular e o nível de proficiência que os estudantes deverão demonstrar nessas competências.
- O processo de avaliação precisa ser coerente com os métodos de ensino-aprendizagem a serem aplicados.
- Os resultados das avaliações aplicadas ao longo do processo de ensino-aprendizagem devem ser utilizados para retroalimentar a prática docente na própria unidade curricular e o projeto pedagógico do curso como um todo.
- As avaliações devem contribuir para a tomada de consciência dos alunos sobre sua evolução na construção das competências requeridas.

32 BRASIL, 2019.

33 FERRAZ, T. G. A; LORDELO, S. N. B; SAMPAIO, R. R. Avaliação dos estudantes: o que muda e como se adequar às novas diretrizes? *In*: OLIVEIRA, V. F. (Org.). **A Engenharia e as Novas DCNs**: Oportunidades para Formar Mais e Melhores Engenheiros. Rio de Janeiro: LTC, 2019. p. 198-218.

Ainda no âmbito da avaliação de estudantes, a instituição entendeu ser importante ter um olhar ampliado sobre o desenvolvimento das competências transversais, com base no perfil do egresso estabelecido. As avaliações desenvolvidas em cada unidade curricular não explicitavam em que grau os estudantes haviam desenvolvido as competências transversais requeridas. Apesar de constar individualmente em rubricas de avaliação ou em outros instrumentos específicos, competências como comunicação oral e escrita, trabalho em equipe, liderança, criatividade, proatividade, resiliência, entre outras, não eram evidenciadas de forma que se pudesse assegurar a adequação do perfil do egresso às competências requeridas. Para tratar essa lacuna, estão sendo conduzidas pesquisas no intuito de desenvolver um modelo de avaliação de competências transversais de estudantes, envolvendo múltiplos agentes, de tal forma que se permita analisar se os objetivos do processo formativo (perfil do egresso) estão sendo atingidos.

Por fim, cabe comentar sobre a articulação universidade-empresa nos processos de avaliação. No que tange à avaliação dos estudantes, é estimulado que representantes das empresas demandantes de projetos participem da apresentação e avaliação deles, a partir de rubricas preestabelecidas. De forma mais ampla, a instituição mantém uma sistemática de avaliação de seus estudantes pelos supervisores de estágio das empresas e analisa esses resultados como forma de retroalimentar os processos de ensino. Além disso, os comitês técnicos setoriais, formados inicialmente para apoiar na elaboração dos perfis dos egressos e matrizes dos cursos, são periodicamente convidados a analisar os programas, os resultados atingidos e contribuir para a melhoria contínua dos mesmos. A Comissão Permanente de Avaliação contém, em sua composição, representantes da sociedade e das empresas, também contribuindo na articulação entre universidade e empresa nos processos de avaliação.

5 FORMAÇÃO DO CORPO DOCENTE

Nesse contexto de inovação dos processos educacionais, alunos e docentes atuam como protagonistas. Se, por um lado, os alunos participam ativamente das ações educativas, desenvolvendo projetos e gerindo sua aprendizagem, por outro, os docentes protagonizam a concepção e implementação de experiências de aprendizagem autênticas que possibilitam o desenvolvimento das competências desenhadas no perfil do egresso. É na ação educativa do docente que os planos institucionais se tornam realidade sendo fundamental, portanto, que estes possuam competências que vão muito além do domínio técnico. Nas áreas onde a maioria dos docentes advém da indústria, a necessidade de uma

formação ampliada é ainda mais necessária. Santos[34] afirma, a partir das ideias de Maurice Tardif, que "a formação de professores é composta por uma diversidade de processos e saberes oriundos dos campos da formação pessoal e profissional, dos saberes disciplinares e curriculares, da experiência". Essa compreensão fundamenta o entendimento que, para inovar nos processos educacionais, as ações de formação precisam ser amplas e diversas, potencializando a construção de saberes docentes de forma contínua.

As próprias DCNs preconizam um Programa Permanente de Formação, além de ações que promovam maior envolvimento do docente com projeto pedagógico do curso e valorização das ações de ensino.[35] Ao considerar o contexto para formação de engenheiros, Crawley *et al.*[36] trazem também a importância não só de formar os docentes nos aspectos pedagógicos e nas metodologias ativas de ensino-aprendizagem, como também em aspectos técnicos, sugerindo inclusive a imersão de professores em ambientes industriais. Ou seja, a complementariedade entre teoria e prática que se busca para o aluno, deve também perpassar a formação do corpo docente, para que este possa melhor apoiar a construção das competências dos estudantes.

Dessa forma, ciente da importância da ação docente na implantação do percurso formativo inovador, o Programa de Desenvolvimento Docente do Centro Universitário SENAI -Cimatec foi pensado com foco em uma questão-chave: para desenvolver nos estudantes as competências elencadas nos projetos de cursos, quais competências o corpo docente precisaria ter? Este entendimento está em consonância com as ideias de Zabala,[37] que associa as competências que os alunos devem adquirir com as competências que os professores precisam ter para mediar o processo de aprendizagem. Assim, a partir de um processo de concepção colegiada envolvendo gestão, docentes, equipe pedagógica e profissionais de outras instituições, foi construído também o perfil desejável para o docente (ver quadro 4).

QUADRO 4 – Perfil do docente de graduação do Centro Universitário SENAI-Cimatec

Docentes do Centro Universitário SENAI-Cimatec devem ser competentes em: criar, planejar, implementar e avaliar situações de aprendizagens, baseadas em competências, com domínio técnico dos conteúdos e atuar de forma inovadora, mediando os processos de ensino-aprendizagem com empatia, criatividade, flexibilidade e entusiasmo. Devem ter visão sistêmica do curso, buscar sempre atualização e domínio das ferramentas tecnológicas.

Fonte: elaboração da própria equipe do Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI-Cimatec

34 SANTOS, E. **Pesquisa-formação na cibercultura** I, EDUFP-Teresina, 2019. Disponível em: http://www.edmeasantos.pro.br/assets/livros/Livro%20PESQUISA-FORMA%C3%87%C3%83O%20NA%20CIBERCULTURA_E-BOOK.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

35 BRASIL, 2019.

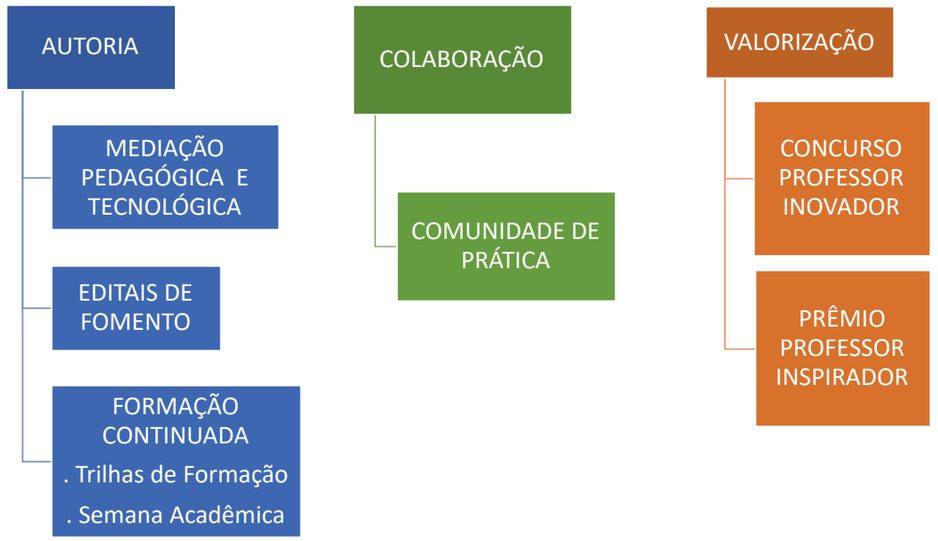
36 CRAWLEY *et al.*, 2014.

37 ZABALA, A. **A prática educativa, como ensinar**. Porto Alegre: Artmed Ed., 2010.

A partir do perfil, foram elencadas as competências dos docentes que articulam a capacidade de criar, planejar, implementar e avaliar situações de aprendizagem ativa com a realização de projetos e uso de tecnologias digitais, resultando em uma representação gráfica que resume as competências que serão desenvolvidas. Essas competências são constantemente revisadas visando acompanhar as atualizações metodológicas e tecnológicas da educação e do ensino de Engenharia.

Assim, com base no perfil, nas competências desenhadas e no objetivo de promover espaço de aprendizagem permanente com vista ao aprimoramento constante e inovação dos processos educacionais, foi concebido o Programa de Desenvolvimento Docente do SENAI-Cimatec, considerando três eixos principais, cada um associado a ações estruturantes (figura 3).

FIGURA 3 – Estrutura do Programa de Desenvolvimento Docente do SENAI-Cimatec



Fonte: Projeto de Inovação Acadêmica do SENAI-Cimatec.

No eixo AUTORIA, as ações buscam fomentar o empoderamento docente como autor de práticas pedagógicas inovadoras e objetos de aprendizagem, bem como curador de conteúdo. Fundamenta-se nas ideias de Midej, Bonilla e Pretto:[38]

38 MIDLEJ, M; BONILLA, M; PRETTO, N. O professor e a formação para a autoria na cibercultura: a criação dos atos de currículo. *In*: PORTO, Cristiane *et al.* **Pesquisa e mobilidade na cibercultura**: itinerâncias docentes. Salvador: Edufba, 2015, p. 85.

> O atual momento sócio-histórico clama, como temos preconizado, por um professor-autor que não precise necessariamente ter práticas originais, se é que elas existem, mas que saiba, a partir de conteúdos disponibilizados, quaisquer que sejam os seus suportes, localizados na internet, em livros, revistas, jornais ou em materiais dos cursos de formação, criar suas próprias metodologias e objetos de aprendizagem, remixando-os, adaptando-os a sua realidade, sem desconsiderar a ciência e a cultura estabelecida, os documentos oficiais e, também, as demandas de formação necessárias para atuação dos sujeitos na sociedade.

Esse eixo é suportado pelas ações de mediação junto aos docentes, no que tange ao aporte pedagógico e tecnológico, no planejamento e desenvolvimento de práticas educativas que privilegiam a utilização de metodologias ativas e tecnologias digitais. Contempla, também, editais de fomento, financiados pela instituição, onde os docentes podem submeter projetos com seus pares ao desenvolvimento de metodologias ou dispositivos tecnológicos inovadores. Engloba, ainda, a formação continuada, composta por autoavaliações e trilhas de aprendizagem, disponíveis ao longo do ano, construídas para desenvolvimento das competências elencadas. Além disso, é promovida semestralmente a semana acadêmica, evento que reúne todos os docentes da instituição para palestras, oficinas, *workshops*, valorização e disseminação de boas práticas, alinhamentos com a coordenação, entre outros.

No eixo COLABORAÇÃO, o foco é o fomento às atividades de troca de experiências e compartilhamento de saberes potencializados pelas tecnologias. Apoia-se no pensamento de Lemos e Lévy,[39] que aborda como a cibercultura e o ciberespaço criaram novas formas de comunicação e sociabilidade. A principal ação desse eixo é a criação de uma comunidade de prática docente na perspectiva de Lave e Wenger,[40] que a caracteriza como uma organização formada entre praticantes que compartilham preocupações, problemas e paixões. Construída em um ambiente digital, a comunidade de prática dos docentes do Centro Universitário SENAI-Cimatec possibilitará ampliação das *expertises* desenvolvidas, além de se constituir em um espaço de debates, criações coletivas e fortalecimento da cultura de inovação da instituição.

Por último, o eixo VALORIZAÇÃO que, apesar de reconhecer a complexidade do trabalho docente e alto grau de subjetividade[41] para definição de métricas para avaliação de desempenho docente, atua na garantia de oportunidades de desenvolvimento e no reconhecimento de práticas inovadoras. As ações suportadas por esse eixo reconhecem os docentes com desempenho de excelência por meio do prêmio Professor Inspirador e

39 LEMOS, A.; LÉVY, P. **O futuro da internet**: em direção a uma ciberdemocracia planetária. São Paulo: Paulus, 2010.

40 LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

41 GATTI, B. A construção metodológica da pesquisa em educação: desafios. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação (RBPAE)**, v. 28, n. 1, p. 13-34, jan./abr. 2012.

reconhece as melhores práticas por meio do concurso Professor Inovador. Vale ressaltar que a realização do referido programa de formação pressupõe um canal de escuta ativa com os docentes no sentido de retroalimentá-lo com novas demandas e ajustá-lo para obter o maior nível de engajamento e resultados, sempre na perspectiva de "assumir a inovação como pressuposto orientador da prática educativa".[42]

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Planejar e implementar modelos inovadores na formação em Engenharia não é uma tarefa fácil, principalmente quando se trata de programas em andamento. Porém, é um movimento necessário para se adequar o processo formativo ao perfil dos alunos ingressantes nas instituições e ao objetivo maior de promover o desenvolvimento da sociedade. A boa formação em Engenharia é, sem dúvida alguma, uma mola propulsora para o desenvolvimento do País.

Neste capítulo, compartilhamos experiências do Centro Universitário SENAI-Cimatec, no seu processo de inovação acadêmica da graduação em Engenharia, num modelo que é adequado ao ecossistema de ciência, tecnologia, empreendedorismo e inovação no qual a instituição está inserida. Foram apresentados alguns elementos de um trabalho amplo, que envolve, há quase cinco anos, um grupo de mais de 70 pessoas. A escuta de todas as partes envolvidas e da própria sociedade são elementos fundamentais nesse processo de transformação. Além de ter um sólido embasamento teórico para as mudanças a serem implementadas, considera-se fundamental experimentar e avaliar as novas soluções propostas. Por fim, é certo que o processo de transformação precisa ser contínuo. Novos desafios surgem de forma cada vez mais acelerada e caberá às instituições de ensino inovar para formar engenheiros capazes de transformar o mundo.

42 PENSIN, D.; NIKOLAI, D. A inovação e a prática pedagógica no contexto da educação superior. **Unoesc & Ciência – ACHS**, Joaçaba, v. 4, n. 1, p. 31-54, 2013.



CAPÍTULO 5

OS CURSOS DE ENGENHARIA NO INSPER

Irineu Gianesi[1]

1 INTRODUÇÃO

Algumas instituições de ensino no Brasil destacaram-se nos últimos anos por romper os moldes tradicionais da Educação de Engenharia, propondo e implementando modelos inovadores, bastante alinhados ao que vem sendo feito de novo no mundo. O Insper é uma delas e, por sua natureza e missão de servir ao País, tem influenciado e servido de exemplo em várias dimensões para muitas outras instituições de forte tradição no Brasil. De fato, o Insper foi citado num relatório de *benchmarking* de 2018, encomendado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT)[2] e voltado a identificar e estudar os líderes emergentes globais do ensino de Engenharia, como uma das instituições a serem acompanhadas pelas características inovadoras de seu currículo.

Neste capítulo, será apresentada inicialmente uma visão do Insper como instituição, o que é fundamental para compreender o contexto no qual os cursos de Engenharia foram desenvolvidos. O processo de criação dos cursos, com destaque para a instituição norte-americana que serviu de inspiração, o Olin College of Engineering, é brevemente descrito em seguida. Finalmente, são apresentadas as principais características dos cursos, com destaque para o método de desenvolvimento do currículo a partir das competências do engenheiro e os principais mecanismos de interação com o mercado na formação dos estudantes.

2 O INSPER

O Insper, como instituição de ensino superior, é resultado de uma importante doação, generosamente oferecida por um grupo de famílias, de uma escola com fins lucrativos para uma instituição sem fins lucrativos, ocorrida em 2004. A principal intenção do grupo era criar uma instituição de ensino superior perene que pudesse fazer a diferença no Brasil, por meio da educação e da pesquisa, inicialmente nas áreas de negócios e economia.

---

1 Diretor de Assuntos Acadêmicos do Insper. Liderou a equipe de professores que concebeu, desenhou e lançou os cursos de Engenharia da instituição.

2 GRAHAM, R. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge, MA: MIT, School of Engineering, 2018.

A escola original com fins lucrativos evoluiu de uma instituição de pesquisa dedicada a fomentar o mercado de capitais brasileiro e fundada em 1970. Começou a oferecer ensino superior em 1987 com uma pós-graduação MBA Executivo e iniciou a graduação em Administração de Negócios e Economia em 1999. Desde 2004, quando se tornou sem fins lucrativos, evoluiu para ser uma instituição integrada que oferece cursos de graduação e pós-graduação em Administração, Economia, Engenharia e Direito.

O nome Insper foi adotado em 2009 e não é um acrônimo, mas a combinação das palavras INSpirar e PERtencer, que, junto com transformar, são os principais pilares de sua identidade e marca.

O Insper é uma instituição única por causa de sua natureza integrada, marca que esteve presente desde o início dos cursos de graduação em 1999 nas áreas de Administração e Economia. Era bastante relevante naquela época em que a maioria dos cursos de graduação brasileiros em Administração não tinha uma abordagem analítica forte e atraía principalmente estudantes com grande interesse em humanidades, mas pouca inclinação para matemática e estatística. O Insper projetou programas de graduação com um núcleo comum de cálculo, estatística e economia que produziu egressos que recuperaram cargos de gestão que, durante anos, foram capturados por engenheiros, principalmente por causa de suas fortes habilidades analíticas. Além disso, o Insper lançou em 2001 um programa de pós-graduação em Direito (LLM) com quatro áreas de concentração em direito contratual, tributário, direito do mercado financeiro e direito societário, aproveitando a integração entre negócios, economia e direito.

A integração avançou em 2015 com o lançamento de três cursos de graduação em Engenharia (Mecânica, Mecatrônica e Computação), que visavam produzir engenheiros mais empreendedores a partir da interação entre tecnologia, negócios e *design*. Mais recentemente, um bacharelado em Direito foi lançado em 2021 e formará egressos com fortes habilidades analíticas, capazes de aplicar conceitos de economia para resolver problemas e navegar em um ambiente intenso de tecnologia. Todos esses programas inovadores, além de produzirem graduados diferenciados, têm contribuído para estimular a mudança em outras instituições de ensino superior públicas e privadas no Brasil.

O Insper nasceu sem departamentos e sem escolas separadas, integrando professores de diferentes áreas. Isso também teve impacto na atividade de pesquisa, ao combinar modernas técnicas estatísticas provenientes da economia, com técnicas de ciência da computação para lidar com grandes bases de dados numéricos e de texto, e desencadear uma abordagem interdisciplinar para a resolução de problemas, que se tornou uma das características únicas da instituição. De fato, reconhece-se hoje no Insper que estes métodos de pesquisa são o que une as diferentes áreas do conhecimento da instituição, sendo o foco do programa de doutorado em Economia dos Negócios.

Uma característica importante do Insper, desde o início dos cursos de graduação em 1999, foi a vocação para a inovação, aproveitando a oportunidade de estar iniciando algo do zero para trazer características que não eram simples de serem implementadas nas instituições mais tradicionais. Foi assim com os cursos de Administração e Economia, que mantendo um núcleo obrigatório comum, garantiram forte formação analítica, não usual aos cursos de Administração à época. Já, em 1999, o uso de *laptops* nas aulas, com uma infraestrutura 100% cabeada para oferecer acesso à internet a todos os alunos simultaneamente, antecipava-se ao que viria a ser o padrão nas décadas seguintes. Os cursos foram oferecidos em tempo integral, ainda que a carga horária dentro de sala não ultrapassasse meio período, numa época em que isso não era usual nessas áreas, deixando o estágio para o último ano do curso, além da possibilidade de estágios de férias. Isto garantiu uma dedicação integral do aluno ao curso durante a maior parte do currículo, sem, entretanto, perder a conexão com o mercado, assegurada tanto pelo perfil do corpo docente, que combinava professores ativos em produção de conhecimento com outros de grande experiência profissional, quanto pela introdução de problemas reais, como projetos em disciplinas do currículo.

Começar do zero traz oportunidades, mas também responsabilidades. É fundamental aproveitar a oportunidade de inovar, mostrar resultados e induzir outras instituições a fazerem o mesmo – isso proporciona grandes contribuições ao País. Foi assim com os cursos de Administração e Economia. Seria assim também com os cursos de Engenharia.

3 A CRIAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Por volta de 2010, a intenção de expandir a graduação do Insper havia ganhado força e várias alternativas haviam sido analisadas. Já nos anos anteriores, em função de um novo ambiente internacional e da perda progressiva de competitividade de parte do setor industrial brasileiro, ficaram visíveis as carências do País na área tecnológica. Tais carências eram expressas, por exemplo, pelo baixo número de patentes brasileiras, pelo reduzido grau de interação entre a academia e a indústria e pela fraca presença de empresas brasileiras entre as líderes mundiais, em seus setores de atuação, na parte tecnológica. Para o então presidente do Insper, Claudio Haddad, este cenário criaria a oportunidade de acrescentar uma área de tecnologia às atividades do Insper relativas à gestão e ao empreendedorismo, de forma sinérgica com os programas existentes, por meio de um novo curso de graduação em Engenharia.

Ao discutir esta possibilidade com o Conselho Deliberativo do Insper, o professor Howard Stevenson, professor emérito da Harvard Business School e membro do conselho, sugeriu que se estudasse o modelo de uma nova escola de Engenharia em Boston, o Franklin W. Olin College of Engineering, de cujo Conselho ele também fazia parte. O Olin College havia sido criado cerca de 10 anos antes para fomentar a inovação no ensino de Engenharia e seu conceito encantou a liderança do Insper pelas possibilidades que traria.

3.1 A INSPIRAÇÃO DO OLIN COLLEGE

A partir do final dos anos 1980, a National Science Foundation dos Estados Unidos iniciou um movimento visando a uma reforma no ensino de Engenharia. A fim de atender às necessidades de crescimento da economia global, ficou claro que os engenheiros precisavam ter competências de negócios e empreendedorismo, criatividade e uma compreensão dos contextos sociais, políticos e econômicos da engenharia. Com base nisso, a F. W. Olin Foundation decidiu que a melhor maneira de maximizar o seu impacto seria criando uma faculdade a partir do zero que pudesse atender a essas necessidades emergentes, dando origem ao Franklin W. Olin College of Engineering, que recebeu a autorização para operar em 1997. Ao final de 1999, os líderes da nova instituição já haviam sido contratados e o trabalho de desenvolvimento do *campus* havia começado em uma área adjacente ao *Babson College* (uma das melhores escolas de negócio especializada em empreendedorismo), na região de Boston. Os primeiros membros do corpo docente da faculdade foram contratados em setembro de 2000 e a faculdade abriu oficialmente em 2002, recebendo sua turma inaugural de calouros. Durante o ano anterior, 30 alunos *parceiros* trabalharam com os professores de *Olin* para criar e testar um currículo inovador, que combinou uma educação em engenharia rigorosa com negócios e empreendedorismo, bem como artes, humanidades e ciências sociais.

O *Olin* College diferenciava seu currículo de duas maneiras. A educação tradicional de engenharia tem forte ênfase em Matemática, Ciências e Ciências da Engenharia, preparando os estudantes para atuar a partir da especificação de um problema ou oportunidade até a solução de engenharia. Normalmente, a componente "pessoas" está fora da equação. *Olin* introduziu dois outros elementos no currículo: design e empreendedorismo. Eles defendiam que a boa prática de ensino, com abordagens pedagógicas eficazes, pode reduzir o tempo necessário para cobrir os conteúdos relacionados a Matemática, Ciências e Ciências da Engenharia, abrindo assim espaço para os outros dois elementos. Em outras palavras, eles argumentavam que o engenheiro tradicional está preocupado com a viabilidade física e operacional de sua solução (*feasibility*), enquanto os engenheiros de *Olin* também estavam preocupados com a conveniência da solução ou *desirability* (levando em conta aspectos humanísticos) e a sua viabilidade econômico-financeira (*viability*, relacionada a aspectos gerenciais e ao empreendedorismo). Isso é refletido na declaração da missão de *Olin* e, na prática, é operacionalizado por meio de cursos feitos por seus alunos no Babson College e no Wellesley College (Artes e Humanidades).

O balanço típico de créditos por área de conhecimento era de 44% para Engenharia, 14% para Matemática, 14% para Ciências, 13% para Artes e Humanidades e 13% para Empreendedorismo. É importante notar que o currículo de *Olin*, o qual segue o modelo norte-americano, é de quatro anos com uma carga elevada de Artes e Humanidades. Ao final, o graduado recebe o título de bacharel em Engenharia, necessitando normalmente de estudo complementar em nível de pós-graduação, além da aprovação em um exame estadual de uma entidade profissional, para receber a habilitação profissional. No Brasil, com o curso de cinco anos, o sistema do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) e dos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (Crea) habilita o graduado após a formatura automaticamente, desde que o curso esteja aprovado pelo sistema.

Todos os alunos de *Olin* deviam abrir e gerir um negócio antes de se graduarem. Para isso, os cursos de fundamentos de negócio e empreendedorismo são obrigatórios. Um dos objetivos fundamentais de *Olin* era produzir profissionais inovadores e não apenas engenheiros. Isto requer um pensamento empreendedor e é a principal razão pela qual *Olin* escolheu localizar seu *campus* ao lado do Babson College. *Olin* e *Babson* incentivam seus alunos a matricularem-se em disciplinas comuns. Equipes mistas já ganharam várias competições de planos de negócios.

Olin exigia que todos os seus alunos participassem do *Stand and Deliver* ao final de cada semestre. Para garantir que todos os graduados fossem capazes de se comunicar em um ambiente profissional, cada aluno devia apresentar algum aspecto de seu trabalho acadêmico em um ambiente público ao final de cada semestre. No evento, chamado de Olin Expo, que dura três dias, há uma palestra curta ou a apresentação de um pôster para a comunidade inteira do *campus*, além de cerca de 100 visitantes empresariais e acadêmicos

que avaliam as apresentações. Como resultado, o graduado típico de *Olin* terá feito oito apresentações consecutivas na Olin Expo antes de sua formatura. O nível de equilíbrio e a confiança em lidar com questões técnicas são notáveis e distinguem os graduados de *Olin*, segundo relato dos professores.

O Olin College of Engineering chama seus alunos de *can-do engineers*. Desde seu primeiro dia em *Olin*, os alunos aprendem lidando com problemas mal estruturados de engenharia, que vão muito além do livro, requerendo uma quantidade considerável de criatividade e iniciativa. O Projeto Final de Engenharia (PFE) – em inglês *Senior Capstone Project in Engineering* (SCOPE) –, no último ano do curso, é o ponto alto desse currículo todo baseado na execução de projetos. Cada projeto patrocinado por uma empresa é executado por uma equipe de cinco a sete alunos, a qual possui um professor orientador e acesso a todas as instalações e recursos da faculdade para apoiar o projeto. Para assegurar o profissionalismo e a responsabilidade, as equipes realizam revisões de projeto semanais, têm um espaço de trabalho dedicado e profissionalmente equipado, assinam acordos de confidencialidade, apresentam relatórios semanais de progresso e realizam apresentações ao patrocinador para garantir que o projeto atenda aos seus objetivos.

Segundo o diretor desse programa, o envolvimento da indústria é vital para o projeto, sendo que as equipes e as empresas interagem a cada semana. Trata-se de um projeto liderado e executado pelos estudantes. Eles estão no comando e experimentam o que vão enfrentar em poucos meses quando estiverem numa empresa real de engenharia. Ao final, eles recebem *feedback* não apenas do corpo docente e do cliente, mas também de seus pares.

4 OS CURSOS DE ENGENHARIA DO INSPER

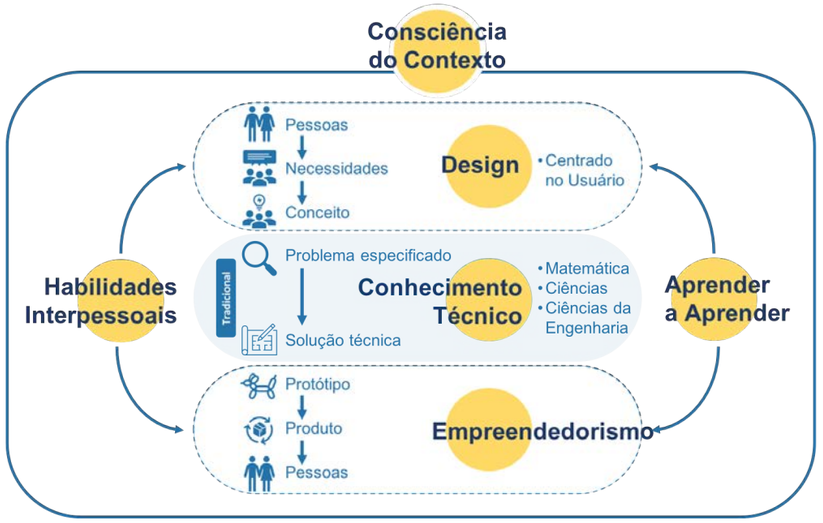
Conhecer um pouco sobre o Olin College e seu curso de Engenharia é importante para compreender o curso do Insper. Em 2012, Insper e Olin College firmaram uma parceria estratégica para que *Olin* apoiasse o corpo docente do Insper no desenho do currículo dos seus cursos de Engenharia.

4.1 A VISÃO DO INSPER PARA A ENGENHARIA

A missão dos cursos de Engenharia do Insper foi definida como desenvolver jovens engenheiros que estarão preparados para reconhecer as necessidades dos usuários finais, conceber e projetar soluções criativas de engenharia e executá-las de forma sustentável. Nessa visão, a engenharia vai muito além da perspectiva técnica e da tarefa de resolver um problema especificado e gerar para ele uma solução técnica viável. Vê-se

a engenharia como um processo e não como um corpo de conhecimentos. Um processo que começa com pessoas – suas necessidades, sua cultura e seus valores – identifica oportunidades de lhes gerar valor, passa pela concepção de um conceito de produto/serviço, desenvolve uma solução técnica para o problema/oportunidade e projeta um produto economicamente viável para ser levado ao mercado, efetivamente atendendo aos anseios das pessoas – de *pessoas* para *pessoas*. A figura 1 ilustra esquematicamente essa visão dos cursos de Engenharia.

FIGURA 1 – A visão esquemática do curso de Engenharia do Insper



Fonte: Manual do Aluno de Engenharia do Insper

O engenheiro do Insper caracteriza-se por sua orientação empreendedora, voltada à identificação e solução de demandas da sociedade, por meio do emprego de tecnologias existentes e do desenvolvimento de novas tecnologias. Portanto, sua capacidade de realizar e de inovar está aliada à compreensão do contexto social em que está inserido. Com sólida formação nos fundamentos da Engenharia, associada a uma grande autonomia para o aprendizado, o engenheiro é experiente na realização de projetos de inovação pautados pelo atendimento das necessidades do usuário e da sociedade. Também se destaca por sua aptidão para o trabalho em equipe, por sua autonomia intelectual e pela capacidade de comunicação oral, escrita e gráfica, fruto de uma formação generalista e com substancial componente humanístico.

Por sólida formação nos fundamentos da Engenharia, entende-se que o engenheiro é capaz de empregar conhecimentos sobre ferramentas matemáticas e sobre fenômenos

físicos, químicos e biológicos para compreender os princípios subjacentes às tecnologias e técnicas empregadas para resolver problemas dessa área. Dessa forma, o engenheiro será capaz de acompanhar a evolução das tecnologias, ao longo de sua trajetória profissional.

Por autonomia intelectual, entende-se que o engenheiro é capaz de identificar e atender às próprias necessidades de aprendizagem, sendo fluente no uso de fontes de informação e capaz de autodirecionar seu aprendizado – aprender a aprender. O desenvolvimento do currículo fundamenta-se no estímulo à motivação intrínseca do aluno, alcançada por meio do exercício da autonomia, da percepção de propósito no aprendizado e na proposição de experiências de aprendizado adequadas ao nível de competência do aluno.

4.2 AS COMPETÊNCIAS DO ENGENHEIRO DO INSPER

Os currículos dos cursos de Engenharia estão desenvolvidos a partir das principais competências que definem o perfil do engenheiro do Insper. Essas competências, indicadas com destaque na figura 1, são:

- *Conhecimento técnico* – para que possa agir sobre o mundo físico, o engenheiro inicialmente deve ser capaz de compreendê-lo, sendo capaz de prever seu comportamento. Essa previsão é feita a partir de modelos analíticos ou de simulação, desenvolvidos a partir de conhecimentos de Matemática, Ciências e Ciências da Engenharia. O engenheiro deve desenvolver essa capacidade de modelagem dos fenômenos e de validar seus modelos pela experimentação. A esta competência somam-se outras específicas relacionadas ao conteúdo técnico de cada curso de Engenharia (Mecânica, Mecatrônica e de Computação).
- *Habilidades de design* – mais do que resolver problemas, o engenheiro deve ser capaz de formular os problemas, a partir da empatia com o usuário final, desenvolvendo soluções criativas por meio de métodos colaborativos, refinando e validando conceitos por meio da prototipação.
- *Habilidades empreendedoras* – a habilidade empreendedora do engenheiro do Insper significa ser capaz de transformar seus sonhos em realidade. Para isso, ele deve ser capaz de conectar três elementos: usuários e outros *stakeholders*, um conceito de solução que seja desejável e atenda aos anseios dos usuários, e uma solução técnica na forma de um produto ou serviço viável técnica e economicamente, que possa ser levada ao mercado e aos usuários. Deve também ser capaz de atrair os *stakeholders* que possuem os recursos necessários (capital, conhecimento, relacionamentos ou outros), gerando valor a todos os envolvidos.
- *Consciência do contexto* – o engenheiro do Insper deve ser capaz de enxergar o mundo sob múltiplas perspectivas, não somente a técnica. Isto significa examinar problemas e oportunidades verificando diferentes contextos (sociocultural, político-legal, ético, ambiental, econômico, tecnológico, entre outros), para que possa gerar soluções desejáveis e viáveis sob todas essas perspectivas. O prisma que ajuda a decodificar essa realidade complexa deve ser desenvolvido e enriquecido por meio de observação, reflexão e síntese.
- *Habilidades de relacionamento interpessoal* – fundamental para o engenheiro Insper é a habilidade de se relacionar com outras pessoas. A primeira habilidade é a de se comunicar de forma eficaz, seja oralmente ou por escrito. Trabalhando em equipe, o engenheiro precisa agir como um membro de equipe de alto desempenho, contribuindo para o sucesso, dando e recebendo *feedback* e buscando altos níveis de qualidade. Como líder de equipe, o engenheiro deve ser capaz de coordenar as atividades dos demais. Finalmente, o engenheiro deve também ser capaz de desenvolver outros, definindo metas, motivando-os e avaliando seu desempenho.
- *Habilidade de aprender a aprender* – o curso de Engenharia não vai ensinar tudo que o engenheiro deverá saber em sua vida profissional, sendo necessária a busca permanente de novos conhecimentos. A autonomia intelectual requer que o engenheiro saiba aprender a aprender. Aprender sozinho, sendo capaz de refletir sobre o próprio processo de aprendizado. Fundamental é a consciência de que essa habilidade não é inata, podendo ser adquirida e desenvolvida. Este desenvolvimento requer que o engenheiro realize um ciclo de autoconhecimento, planejamento, execução, reflexão e ajuste, de forma que aprimore essa habilidade.

Ter clareza sobre as competências que se deseja desenvolver nos egressos dos programas foi fundamental para desenhar currículos que não somente apresentem e trabalhem o conteúdo, mas, realmente, desenvolvam essas competências.

Aqui vale uma observação importante. Muito se fala de ensino por competências como algo revolucionário, enfrentando a resistência de quem entende que os conteúdos são a parte fundamental e que pensar em competências significa deixar os conteúdos fundamentais de lado. Essa divergência é, na verdade, uma falsa polêmica. Competências são formadas por conhecimento dos conteúdos, habilidades de uso desse conhecimento e atitudes. Quem contrapõe conteúdo e competência ou não sabe do que está falando ou vê competências apenas como aquelas relacionadas a habilidades socioemocionais, como comunicação, trabalho em equipe, entre outras, as quais ainda que tenham um conteúdo próprio associado não estão diretamente relacionados à área de conhecimento do curso. Na verdade, o conhecimento dos conteúdos sem saber como e quando utilizá-los é de pouca serventia, e o aspecto revolucionário do aprendizado de competências envolve simplesmente desenhar estratégias para levar o aluno a saber o conteúdo, mas também ser capaz de utilizá-lo nas situações adequadas. Por isso, as competências devem ser desdobradas nos seus conteúdos fundamentais e nas habilidades, que expressam como e quando utilizar o conteúdo.

Uma das grandes contribuições dos professores do Olin College foi justamente em relação ao método do desenho do currículo.

4.3 O MÉTODO DE DESENHO DO CURRÍCULO

Os professores de *Olin*, que desenvolveram seus currículos há cerca de 10 anos, não mostraram como executaram esse feito, mas como naquele momento, depois de muita experimentação, acreditavam que deviam ter feito. Da mesma forma, o Insper hoje tem um método para o desenho de currículos que foi sendo aprimorado por anos e que é composto por seis etapas:[3]

1) *Definição do perfil do egresso e suas competências* – conjunto de competências (em geral de 4 a 12) que expressam o que o egresso será capaz de fazer ao final do curso ou programa. Elas estão relacionadas ao conhecimento de conteúdos, mas é fundamental que expressem ações. O perfil do egresso é geralmente um texto que sintetiza as competências.
2) *Desdobramento das competências e sua forma de avaliação* – cada competência deve ser desdobrada em habilidades (em geral de 2 a 4) e nos conteúdos associados. As habilidades devem expressar o que os egressos serão capazes de fazer ao final do programa e devem ser mensuráveis. Instrumentos de avaliação devem ser concebidos nessa etapa.
3) *Concepção do percurso de aprendizado das habilidades* – cada habilidade pode requerer o domínio de diversos temas de forma integrada. Nessa etapa, a melhor forma de trabalhar esses temas e a sua integração deve ser planejada, para que sirva de orientação para a geração de ideias de experiências concretas de aprendizagem.
4) *Ideação das experiências de aprendizagem* – definido como trabalhar o aprendizado de uma habilidade, mergulha-se no ambiente concreto das experiências de aprendizagem: "Para desenvolvermos essa habilidade, que experiências concretas o aluno deve vivenciar? Ao chegar na sala de aula em determinado dia, o que ele vai fazer?"
5) *Desenho macro do currículo* – o currículo pode ser construído pela combinação de experiências concretas de aprendizagem. A criação dos componentes curriculares pode seguir uma lógica disciplinar (facilitando a implementação) ou interdisciplinar (facilitando o desenvolvimento das competências).

3 Uma descrição detalhada desse método pode ser encontrada em: GIANESI, I. G. N.; MASSI, J. M.; MALLET, D. **Formação de professores**: no desenho de disciplinas e cursos. São Paulo: Atlas, 2021.

6) *Especificação dos componentes curriculares* – antes que docentes sejam designados para o detalhamento, é fundamental especificar os componentes curriculares garantindo o alinhamento ao restante do currículo: objetivos de aprendizagem, conteúdos associados, tipos de experiências de aprendizagem, diretrizes de avaliação.

O resultado final que gerou currículos para os três cursos trouxe várias características inovadoras:

- *Componentes de design e empreendedorismo de forma transversal no currículo* – esses aspectos, expressos nas competências esperadas para o egresso, não estão presentes apenas em cursos introdutórios, mas são elementos enfatizados em várias disciplinas ao longo do currículo.
- *Abordagem de ensino baseada em projetos* – nenhuma estratégia de ensino-aprendizagem deve ser um fim em si mesma e a abordagem baseada em projetos não é utilizada como norma, mas como alternativa eficaz ao desenvolvimento das competências na grande maioria das disciplinas, ainda que não em todas. Algumas disciplinas têm três projetos no semestre, com graus crescentes de complexidade e de autonomia dos alunos para definir o que e como irão desenvolver, sempre utilizando os conceitos e as técnicas associados aos objetivos de aprendizagem.
- *Engenharia desde o início* – enquanto a maioria dos cursos de Engenharia começam o aprendizado com uma carga pesada de Matemática e Ciências, geralmente descontextualizada, os currículos do Insper trazem a Engenharia para o início do curso, possibilitando que os alunos exercitem o processo da Engenharia desde o início, gerando produtos tangíveis.
- *Ensino contextualizado de Matemática e Ciências* – o ensino de fundamentos de Matemática e Ciências, por sua vez, estão distribuídos no currículo para serem ensinados de maneira contextualizada, com conceitos e ferramentas sendo trabalhados concomitantemente ou até dentro das disciplinas de Engenharia que deles necessitam.
- *Aprendizado mão na massa* – a abordagem do aprendizado baseado em projetos está associada a atividades em que os alunos constroem efetivamente os protótipos e produtos gerados pelos seus projetos, utilizando-se de equipamentos de laboratório de forma autônoma. As atividades práticas estão, na maioria, associadas aos projetos que os alunos devem realizar, ao invés de experimentos roteirizados que em geral pouco contribuem ao aprendizado efetivo.
- *Uso intensivo de trabalho em equipe* – o trabalho em equipe, necessário ao desenvolvimento da competência associada, é realizado de forma extensiva ao longo de todo o currículo. Os alunos não somente exercitam a atividade, mas também são avaliados nessa competência e recebem *feedback* formativo para que reflitam sobre sua atuação e se aprimorem continuamento ao longo de todo o curso.

5 O CORPO DOCENTE

Montar um corpo docente adequado foi obviamente fator-chave nesse projeto, principalmente considerando os requisitos do currículo e a abordagem pedagógica. Poder realizar esse recrutamento foi uma das grandes vantagens de construir tudo do zero, não tendo que lidar com resistência alguma, desafio que muitas instituições enfrentam para implementar inovações. De início, pensava-se que o grande desafio no recrutamento do corpo docente seria o fato de que os docentes viriam de escolas de engenharia existentes no Brasil, as quais operariam de forma tradicional. Entretanto, rapidamente, foi possível identificar a existência de pessoas bastante talentosas e que estavam insatisfeitas com o trabalho que estavam fazendo. O projeto para elas significaria uma oportunidade única de construir algo novo a partir do zero, sem as restrições do *modus operandi*, e a cultura existente, sendo forte atrativo.

5.1 RECRUTAMENTO E SELEÇÃO

Como ponto de partida para concepção de requisitos desejados, os docentes recrutados deveriam ter (ou serem capazes de desenvolver) as seguintes características:

a. Manutenção da qualificação acadêmica na área de Engenharia, incluindo Matemática, Ciências e Ciências da Engenharia.
b. Capacidade de lecionar diferentes cursos dentro de uma grande área da Engenharia, ao invés de estar disposto a dominar o ensino de apenas um ou dois temas muito específicos.
c. Disposição de trabalhar com alunos de graduação e entusiasmo pela atividade de ensino.
d. Insatisfação com o *status quo* do ensino de Engenharia e disposição de construir algo novo e realizar mudanças.
e. Vontade de aprender e de se autodesenvolver em questões, como aprendizagem baseada em projetos.
f. Vontade de trabalhar com outros docentes com o objetivo de desenvolver o ensino interdisciplinar.
g. Preocupação autêntica sobre o desenvolvimento do aluno em competências interpessoais e de atitude.
h. Mentalidade de engenharia fortemente aplicada, com grande disposição de interagir com a indústria.
i. Disposição de trabalhar com alunos de graduação em seus projetos de pesquisa.

Embora esse conjunto de requisitos trouxesse um grande desafio ao recrutamento, com um esforço limitado, um pouco de sorte e boas indicações, foi possível identificar sete docentes que atendiam aos requisitos, para formar a equipe inicial que trabalharia no desenvolvimento do projeto. Esta equipe inicial participaria logo de um seminário de uma semana no Olin College, tendo a oportunidade de compreender melhor a visão que se tinha para o novo currículo e para a nova escola como um todo. As discussões realizadas nesta viagem aumentavam a confiança de que se havia conseguido formar uma boa equipe inicial para o projeto.

5.2 FORMAÇÃO DO CORPO DOCENTE

A formação do corpo docente, a partir do esforço para preparar a equipe inicial, tornou-se um processo contínuo e institucional. Anualmente, foram enviados grupos de cinco a seis professores para o programa de treinamento de uma semana do Olin College. Além disso, a equipe do Centro de Desenvolvimento de Ensino e Aprendizagem (DEA) do Insper desenvolveu um programa de treinamento com base em uma metodologia própria de desenho de disciplinas e cursos denominada PDAF.[4] Esse programa de formação docente atualmente é obrigatório para todos os novos docentes de quaisquer dos programas de graduação e pós-graduação do Insper.

6 A INTERAÇÃO COM O MERCADO

Uma forte interação com o mercado era uma condição fundamental desde o início do projeto e se deu de diversas maneiras. A partir de uma concepção inicial, o projeto foi levado ao conhecimento de várias empresas e empresários que apoiaram o projeto, inclusive, com recursos financeiros doados para sua implementação. Essas generosas doações foram menos ao Insper e mais ao Brasil, dado que não tiveram nenhuma contrapartida em termos de propaganda de marca, preferência na contratação ou qualquer outro benefício direto. O que os doadores esperavam era que não somente formasse os engenheiros com as competências prometidas, mas que pudesse, por meio da sua experiência, influenciar outras instituições brasileiras a implementar inovações em seus respectivos cursos.

Já na definição do perfil do egresso e nas suas competências desejadas, o Insper contou com o apoio do setor empresarial por meio de consultas e participação de atores do mercado em conselhos e colegiados. Isto possibilitou que o perfil definido para o egresso estivesse em forte alinhamento às necessidades expressas pelo mercado.

4 Essa metodologia foi consolidada em: GIANESI; MASSI; MALLET, 2021.

Tendo adotado a abordagem de aprendizagem baseada em projetos, esse tipo de atividade está presente de forma intensiva por todo o currículo, desde as disciplinas iniciais que podem conter de um a três projetos no semestre, passando pelas disciplinas específicas de cada curso do quinto ao sétimo semestre que tem atividades integradoras de projeto de forma transversal no semestre, até o PFE nos semestres finais. Todas essas atividades de projeto incluem, em menor ou maior grau, a participação de representantes do mercado, seja oferecendo problemas reais que serão objeto dos projetos dos alunos, seja participando nas bancas de avaliação, garantindo a combinação do rigor acadêmico à adequação dos requisitos profissionais do mercado.

O estágio supervisionado é obviamente elemento fundamental nessa interação com o mercado e está obviamente presente, não representando uma inovação.

Ademais, o PFE é, certamente, o ponto central e de maior interação com o mercado e merece considerações específicas.

6.1 PROJETO FINAL DE ENGENHARIA[5]

O Projeto Final de Engenharia (PFE) foi concebido a partir da experiência do Olin College e seu SCOPE, já brevemente apresentado.

O PFE é um componente curricular obrigatório dos cursos de Engenharia do Insper. Durante o Projeto Final de Engenharia, os alunos colocam em prática suas habilidades de projetar e desenvolver projetos de engenharia em um desafio proposto em parceria com uma organização parceira externa. Durante o desenvolvimento do projeto, os alunos têm um contato regular com a organização parceira e são orientados por um professor da área.

O Insper busca com o PFE o desenvolvimento individual dos seus alunos, preparando-os para as próximas fases de sua vida profissional por meio de uma imersão controlada em um ambiente real de projeto em engenharia. Durante essa experiência, espera-se que os alunos tenham contato com uma das muitas áreas de atuação da Engenharia e, com isso, possam definir quais conhecimentos e habilidades desejam aperfeiçoar.

Um dos objetivos dessa experiência é que o aluno consiga evoluir suas habilidades de organizar e priorizar as diferentes necessidades dos projetos com todas as pessoas interessadas, para isso usando estratégias de desenvolvimento adequadas ao projeto definido.

Relacionamento com profissionais ativos em organizações ligadas direta ou indiretamente a Engenharia é um dos focos do desenvolvimento pessoal dos alunos do PFE. Nesse contexto, há uma ênfase na compreensão sobre a hierarquia e a cultura de uma empresa, a fim de saber como ser eficaz em suas comunicações. No PFE, os alunos têm de desenvolver suas habilidades persuasivas, como, por exemplo, conseguir apoio das organizações e de seus colaboradores para conseguir avançar no projeto.

A duração do PFE é de um semestre letivo inteiro, totalizando cerca de 300 horas de dedicação e requer que os alunos trabalhem de forma eficiente em equipe. Um bom alinhamento dos participantes é fundamental ao sucesso do aprendizado e da execução do projeto. Os alunos serão constantemente cobrados e avaliados sobre sua participação ativa nos grupos.

Durante o desenvolvimento do projeto, os alunos precisam se aprofundar nos temas do desafio proposto, compreendendo os desejos e necessidades existentes. Os alunos precisam trabalhar na priorização das ações e na justificativa sobre as decisões tomadas. Os alunos também têm de lidar com maiores graus de incerteza e carência de informação, que são comuns em projetos de maior realismo.

Ao final do Projeto Final de Engenharia, o aluno deverá ser capaz de conduzir um ciclo completo de um projeto de engenharia. Para isso, os seguintes objetivos de aprendizado gerais devem ser alcançados:

1) *Execução técnica*: ser capaz de projetar, prototipar, desenvolver, validar, testar e documentar uma solução real de engenharia.
2) *Organização*: escolher, seguir, adaptar e julgar uma metodologia de trabalho adequada ao projeto.
3) *Comunicação*: comunicar efetivamente e assertivamente com as partes interessadas, mantendo informações e expectativas atualizadas em relação aos objetivos e andamento do projeto.
4) *Trabalho em equipe*: identificar e viabilizar os papéis e responsabilidades de todos os membros da equipe, garantindo o engajamento dos colegas de projeto.
5) *Design/empreendedorismo*: identificar as necessidades, oportunidades e expectativas das partes interessadas, tratando potenciais riscos e negociações necessárias, analisando sua viabilidade.

A primeira edição do Projeto Final de Engenharia ocorreu em 2018 com um grupo de cerca de 50 alunos. Atualmente, caminha para atingir cerca de 150 estudantes por semestre, divididos em equipes de três a quatro integrantes.

5 Para mais informações, acessar: https://www.insper.edu.br/pfe/. Acesso em: 13 abr. 2021.

A responsabilidade das organizações parceiras inclui: receber os alunos do grupo em suas instalações físicas em períodos regulares durante o semestre do PFE; indicar e garantir a disponibilidade de um gestor responsável, com o qual o Insper interage desde o planejamento do projeto, de um mentor técnico, que acompanha os alunos no ambiente de produção e de um colaborador da área de recursos humanos, responsável pelo acompanhamento pessoal e profissional dos alunos. Além disso, devem garantir que os estudantes respeitem as regulações de segurança pertinentes.

Uma importante contrapartida para as organizações é a oportunidade de preparar um projeto de valor, que não tenha saído do papel até o momento por indisponibilidade de equipe ou estrutura. Os alunos realizam estudos de mercado e desenvolvem protótipos e provas de conceito, preparando todo processo para a entrada do produto no mercado pela organização parceira. Além disso, há a possibilidade de o projeto/protótipo ser transformado, a médio prazo, em um produto real para seus negócios, obviamente de acordo com o interesse e a conveniência das organizações.

Na maioria dos projetos, a propriedade intelectual é da empresa parceira do programa. Contudo, conforme o desejo da organização, pode haver uma negociação caso a caso, sempre que for necessário. O objetivo do Insper no PFE é formar profissionais mais preparados para as complexidades do ambiente em que irão atuar. Dessa forma, a única exigência é que os alunos possam citar, em seus currículos, que participaram do projeto.

O PFE atrai o interesse de mais empresas do que o Insper tem condições de acomodar em virtude do número de equipes. Algumas das empresas parceiras que frequentemente oferecem projetos são: C6 Bank, Dell, HP, IBM Brasil, Romi, Inovação Social, Pollux Automation, Mastertech, Embraer, Femsa, Hospital Albert Einstein, Motorola, Schneider Electric e WEG.

Esta experiência de aprendizagem oferece aos estudantes a oportunidade de integrar o que aprenderam ao longo do curso, percorrendo o processo da Engenharia, de pessoas para pessoas, como descrito na visão da Engenharia do Insper. Mais do que isso, os coloca numa situação muito similar àquela que vão enfrentar em alguns meses à frente no ambiente profissional. Não raro, as empresas patrocinadoras dos projetos fazem ofertas de estágio aos estudantes ao término do projeto.

7 CONCLUSÃO

Diferente das instituições tradicionais, os cursos do Insper nasceram na esteira do movimento mundial de inovação do ensino de Engenharia que inspirou a revisão das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Assim, seja no currículo, nos processos de gestão da aprendizagem, na formação do corpo docente e na interação com o mercado, os cursos já foram criados *by-design* em consonância com o espírito das DCNs de 2019. Muito pouco a fazer para adaptar os cursos às novas Diretrizes, não requerendo grande esforço, como certamente exigirá de muitas instituições.

De fato, iniciar algo novo do zero não é o grande desafio. O contexto da criação do curso de Engenharia do Insper, descrito neste capítulo, gerou grande oportunidade que procurou-se aproveitar com muita responsabilidade – pelo que se conseguiu aferir até o momento, com notável sucesso, a julgar pelo grau de empregabilidade dos alunos das primeiras turmas formadas e pelos testemunhos positivos dos seus empregadores.

Já mudar o que existe e, na percepção míope de muitos, está dando certo é que representa o grande desafio a ser enfrentado pela grande maioria das escolas de Engenharia do Brasil. E a mudança é urgente, pois os resultados para o País podem vir apenas depois de uma década.

Que o exemplo do Insper possa servir sempre de inspiração e mostrar alguns caminhos, como já tem acontecido com instituições públicas e privadas de grande relevância nacional. Também para isso foram concebidos.



CAPÍTULO 6

INOVAÇÕES CURRICULARES PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – CONTRIBUIÇÕES DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

Marcello Nitz[1]
Joseph Youssif Saab Jr.[2]
Claudio Luiz Foltran Rodrigues[3]
Hector Alexandre Chaves Gil[4]
Eduardo Nadaleto da Matta[5]
Octavio Mattasoglio Neto[6]
José Roberto Augusto de Campos[7]
José Carlos de Souza Jr.[8]

1 INTRODUÇÃO

Um currículo, assim como o próprio ser humano, nunca está pronto e acabado. A insatisfação é um sentimento muito presente na gestão curricular – sempre falta alguma coisa, sempre há o que se aprimorar. Diante disso, o melhor a se fazer é converter essa insatisfação em tensão criativa, força motriz para a transformação constante das práticas acadêmicas em prol da aprendizagem cada vez mais significativa e relevante.

Depois de um demorado processo de reflexão e discussão envolvendo a Academia, a Indústria e os órgãos competentes do Estado, foram aprovadas, em 2019, novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de Engenharia. A expectativa era contribuir para que os cursos modernizassem suas concepções de currículo, incorporando melhores práticas pedagógicas e entregando para a sociedade engenheiros com competência para inovar e aumentar a competitividade da indústria nacional.

---

1 Pró-reitor Acadêmico.
2 Professor titular, coordenador do GCSP-Mauá.
3 Chefe da Divisão de Inovação e Qualidade do Centro de Pesquisas.
4 Coordenador do Ciclo Básico das Engenharias.
5 Professor associado, coordenador de Projetos e Atividades Especiais.
6 Professor Titular, Coordenador da Academia de Professores.
7 Diretor do Centro de Pesquisas.
8 Reitor.

O Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) completa 60 anos em 2021. Possui nove cursos de graduação em Engenharia e também os bacharelados em Administração e Design, todos em seu *campus* com mais de 130 mil m² em São Caetano do Sul/SP. Possui cerca de 3.000 alunos na graduação e mais 500 em diversos programas de pós-graduação *lato sensu*.

Um processo de renovação dos currículos dos cursos de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia havia sido iniciado antes dos primeiros rascunhos das novas DCNs. De certa forma, já antecipando tendências que apareceriam nas DCNs de 2019, a reforma curricular iniciada na Mauá em 2015 era mais profunda do que simplesmente um ajuste de grade de disciplinas. Consistia em construir uma nova forma de se entender o currículo e a instituição, convergindo recursos humanos e de infraestrutura para gerar oportunidades de desenvolvimento de competências, tanto para alunos quanto para professores e corpo técnico-administrativo, devolvendo resultados relevantes para a sociedade. A reforma foi inspirada em experiências bem-sucedidas no exterior e motivada pela percepção de que os cursos de Engenharia precisavam de nova abordagem.

Neste capítulo, será relatada parte dessa trajetória de construção de mudanças, quebra de paradigmas, visando à preparação dos engenheiros do futuro numa instituição capaz de adaptar seu currículo e estratégias pedagógicas de formação dos engenheiros tanto às necessidades mais imediatas da indústria e sociedade local quanto aos grandes desafios da humanidade.

2 ACADEMIA DE PROFESSORES

Tendo por premissa que a melhoria dos cursos deve ser contínua, é imprescindível que se reduzam as resistências às transformações. As forças da mudança e da estabilidade sempre coexistirão, mas espera-se que os professores estejam dispostos *a abrir mão* de parte da estabilidade, tendo em vista as oportunidades que se apresentam. Para isso, eles precisam estar engajados.

As propostas de renovações curriculares têm de ser sentidas, compreendidas e aceitas pela comunidade acadêmica para que surtam algum efeito. As instituições que tentarem impor mudanças que não sejam, de fato, valorizadas por seus professores tendem a encontrar muita resistência e poderão fracassar.

Sem professores receptivos às mudanças, a tendência será a de repetição de padrões, ou seja, de práticas pedagógicas e concepções de currículos ultrapassadas. A capacitação docente em temas afetos à educação é, portanto, a base da construção de currículos inovadores.

Em 2013, a Mauá instituiu a Academia de Professores, composta por uma equipe de professores interessados e estudiosos de temas ligados à educação superior. Sua finalidade é promover a capacitação docente – não a capacitação técnica, do conhecimento da área de atuação, mas a capacitação para lecionar e educar. Na época de criação dessa academia, a prioridade era difundir as técnicas e estratégias ativas de aprendizagem. Com o tempo, os objetivos estenderam-se.

Na sua origem, professores da casa eram enviados para treinamentos externos e especialistas, até mesmo do exterior, eram convidados para aplicar *workshops* e treinamentos na instituição. Com isso, formaram-se multiplicadores que periodicamente promoviam eventos de capacitação internos. Essa estratégia de formação e multiplicação permanece até hoje, abrangendo tanto técnicas de aprendizagem ativa, quanto outros temas de grande relevância, como currículos por competência e avaliação – dois dos temas mais atuais, tendo em vista as novas diretrizes curriculares do curso de Engenharia.

Um desdobramento da atuação da Academia de Professores é a mudança da cultura, com uma mais efetiva participação dos docentes na construção do projeto pedagógico do curso (PPC).

3 AS NOVAS DCNs DO CURSO DE ENGENHARIA

As DCNs estabelecem um novo paradigma para o curso de Engenharia na medida em que propõem uma lógica diferente daquela que vinha sendo praticada há décadas. Primeiramente, devem ser definidas as competências desejadas aos egressos que então se desdobram em conteúdos e habilidades. Há quem diga, de maneira simplista e superficial, que as DCNs mudaram o foco dos conteúdos para as competências. Não é uma boa explicação, haja vista que conteúdo e competência não são aspectos excludentes, mas sim interdependentes. Os conteúdos tão caros e essenciais à formação dos engenheiros continuam sendo ensinados e exigidos, no entanto, as novas DCNs estabelecem que não basta ensinar sem um propósito claro de aplicação. É esperada a formação de um profissional que mobilize seus conhecimentos e habilidades para aplicar e dar soluções aos mais diversos problemas de sua área de atuação. Daí decorre a necessidade natural de aproximar a academia de diferentes organizações externas da sociedade, entre elas as indústrias, grandes interessadas em ter engenheiros bem formados.

O curso de Engenharia deve proporcionar ao seu estudante múltiplas experiências e oportunidades que vão além do conhecimento como fim em si mesmo. O currículo do curso de Engenharia não pode ser entendido apenas como uma matriz de disciplinas com suas ementas e cargas horárias e a Escola não é apenas um endereço onde estão salas de aula e laboratórios bem equipados. A formação superior é composta por múltiplas e diversificadas experiências de aprendizagem e de desenvolvimento profissional e pessoal, em que o estudante é exposto a um ecossistema de oportunidades para adquirir competências e acumular vivências transformadoras da sua essência, das suas atitudes. Esse ecossistema transcende as fronteiras da instituição e alcança a sociedade.

4 O CURSO DE ENGENHARIA DA MAUÁ E AS NOVAS DCNs

Os cursos do Instituto Mauá de Tecnologia têm passado por importante processo de revisão curricular desde 2015. Embora ainda iniciada sob a égide das DCNs anteriores, a reforma curricular da Mauá tinha grande aderência às DCNs atuais. Suas premissas eram:

- Acolhimento e engajamento do estudante em seu curso.
- Estruturas flexíveis – oferta de opções.
- Articulação permanente com o campo de atuação do profissional.
- Enfoque na competência.
- Abordagem pedagógica centrada no aluno.
- Prática da interdisciplinaridade em busca da transdisciplinaridade.
- Preocupação com a valorização do ser humano e do meio ambiente.
- Forte vinculação entre teoria e prática.

Conceitualmente, desejava-se ter um egresso capaz de resolver problemas enxergando os desafios sob diferentes perspectivas, inseridos numa cadeia de causa e efeito de múltiplas dimensões. Daí a importância de uma abordagem multi, inter e transdisciplinar, reduzindo as separações entre os saberes.

Nas discussões sobre o perfil do egresso que se desejava, surgiu a já desgastada dicotomia entre generalista e especialista. Parecia que uma opção deveria ser feita e o caminho natural era optar pela abordagem generalista. No entanto, surgiu uma maneira diferente de enxergar essa questão. No livro de ficção científica da década de 50, escrito por Alfred Elton van Vogt: *The Voyage of the Space Beagle*, o protagonista lidera equipes compostas por generalistas e especialistas que colaboram na solução dos problemas que surgem. A esse líder dá-se a denominação de nexialista. Este tem a visão sistêmica e percebe as múltiplas dimensões dos problemas. Seja o profissional de atuação mais generalista, seja o especialista, ele consegue liderar e contribuir de maneira mais qualificada, pois tem a visão do todo e da inter-relação entre as partes. Assim, inspirada nessa definição de nexialista, a Mauá optou por promover essa característica nos estudantes, sejam eles de perfil mais generalista ou especialista. Portanto, ser especialista ou generalista passou a ser uma opção com relação ao itinerário de formação que se quer seguir, enquanto a visão nexialista é uma competência almejada para todos os egressos da Mauá.

Nas seções seguintes, serão apresentadas algumas características do currículo do curso de Engenharia da Mauá que têm alinhamento com as novas DCNs.

4.1 ESTRATÉGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

Todos os docentes passaram por processo de capacitação em estratégias ativas de aprendizagem e continuam se reciclando. Com isso, ficaram muito mais receptivos a novos formatos de sala de aula e novas técnicas de ensino-aprendizagem, inclusive com apoio de tecnologias digitais.

Gradativamente, salas de aula convencionais, com as carteiras todas viradas para a frente, vêm sendo substituídas por formatos que favorecem a colaboração entre os estudantes na discussão e solução de problemas, como a apresentada na figura 1. Cerca de um terço das salas já está nesse formato colaborativo.

Mais recentemente, as salas têm sido preparadas para possibilitar a transmissão das aulas, para permitir também a participação de alunos remotamente.

FIGURA 1 – Salas de aula para aprendizagem ativa – modelo colaborativo



Fonte: arquivo pessoal

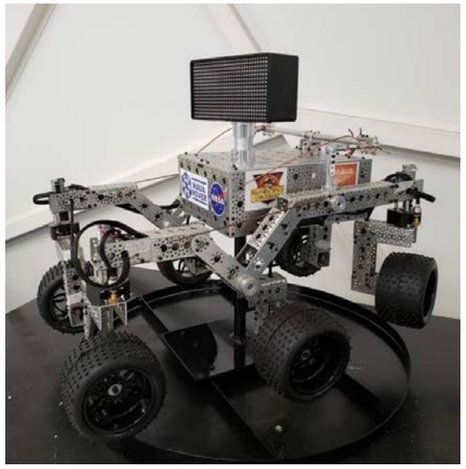
As estratégias ativas também foram concebidas para serem aplicadas nas atividades de laboratório, que deve deixar de ser apenas um espaço para realizar experimentação com resultados esperados e conhecidos. Ainda que isso tenha o seu valor, é uma subutilização do potencial dos laboratórios.

Os professores da Mauá são estimulados a abandonar roteiros e promover a aprendizagem via experimentação, desafiando os estudantes com problemas e projetos abertos. Um exemplo disso é o projeto Rover-Mauá (figura 2). Os *rovers* são plataformas adaptadas para oferecer mobilidade em terrenos inóspitos e têm sido enviados a Marte desde 1997 como forma de reduzir o custo das missões interplanetárias por meio do aumento da área coberta (mobilidade) e do número de experimentos realizados em cada missão (flexibilidade). Com a

finalidade de estimular o desenvolvimento desse tipo de plataforma, inclusive em aplicações terrestres, o *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da National Aeronautics and Space Administration (NASA) publicou um projeto *open source rover*, em escala reduzida, utilizando uma plataforma que permite seu contínuo aprimoramento por uma rede colaborativa internacional. O projeto original inclui desenhos mecânicos, lista de materiais, especificação de componentes elétricos de mobilidade e eletrônicos de controle, além de *softwares* que são modificados, adaptados e melhorados em aulas de laboratório de diversas disciplinas com conteúdo associado ao projeto multidisciplinar e que orbitam em torno do desafio de reconstruir o *rover* para novas missões concebidas pelos próprios estudantes. Uma das contribuições da Mauá para o projeto global foi a substituição das cinco placas distribuídas de controle por uma única placa-mãe, que elimina dezenas de conexões do circuito, aumentando sensivelmente a confiabilidade do conjunto (figura 3).

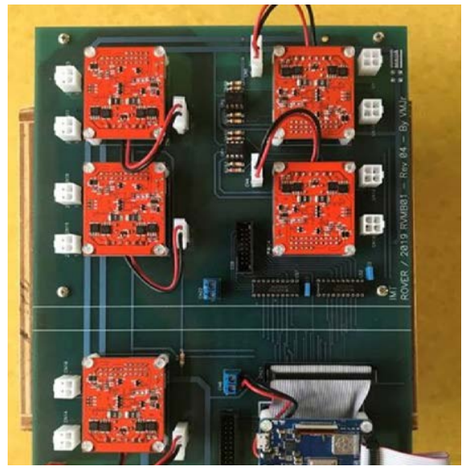
Outros exemplos de projetos dessa natureza aberta e desafiadora são: o Balão de Alta Altitude ou *High Altitude Balloon* (HAB-Mauá), desenvolvido por alunos da Mauá, sob coordenação do Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados (NSEE-Mauá), com a parceria da DuPont (figura 4); e a Aeronave de Propulsão Humana ou *Human Powered Aircraft* (HPA-Mauá). Os alunos da Mauá exibem os modelos de acionamento de propulsão e das superfícies de controle desenvolvidos por eles em parceria com a Flyer Indústria Aeronáutica (figura 5). Esses são exemplos de projetos que se encaixam no tema "engenheirando as ferramentas para a descoberta científica", identificado como um dos 14 grandes desafios da engenharia para o século XXI pela Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos – National Academy of Engineering (NAE), na sigla em inglês.

FIGURA 2 – Rover-Mauá



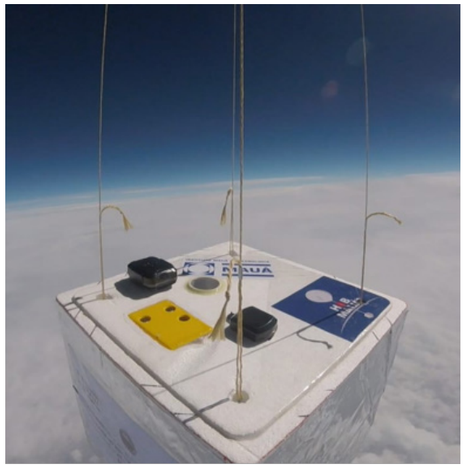
Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 3 – Placa-mãe do Rover-Mauá desenvolvida como upgrade para o NASA Open Source Project



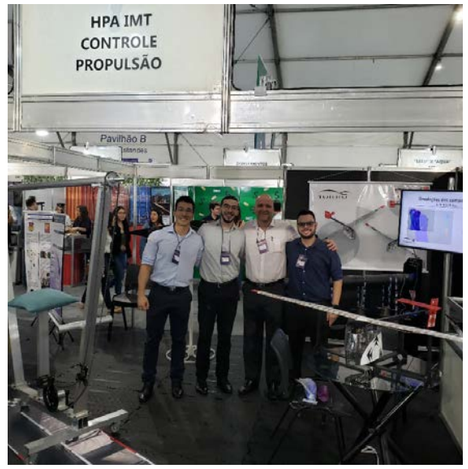
Fonte: elaboração do professor Valdir Melero Jr.

FIGURA 4 – Balão de grande altitude (HAB-IMT): plataforma de sensores múltiplos de pesquisa



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 5 – Alunos exibem modelos de acionamento de propulsão e das superfícies de controle para o HPA-Mauá



Fonte: arquivo pessoal.

A forma diferente de se tratar os laboratórios tem reflexos na concepção desses espaços de aprendizagem. Os laboratórios não são mais identificados como sendo de uma disciplina ou curso, tampouco como de um professor. Devem ser, por premissa, multidisciplinares, atendendo diferentes propósitos de alunos de diversos cursos. Alguns desses laboratórios da Mauá são apresentados a seguir.

FIGURA 6 – Laboratório de Mecânica dos Sólidos



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 7 – Laboratório de Materiais, adjacente ao Fab Lab® – Mauá



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 8 – Laboratório de Automobilística e Lean Manufacturing



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 9 – Laboratório de Robótica



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 10 – Laboratório de Manufatura Avançada



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 11 – Fab Lab® – Mauá



Fonte: arquivo pessoal.

Como consequência, há menos paredes separando os espaços. Seja do ponto de vista físico ou conceitual, há menos barreiras entre as áreas e os objetos de estudo, aproximando a teoria da prática e o conhecimento da aplicação. Percebe-se, portanto, que há coerência entre a forma com que os laboratórios são concebidos e utilizados e a proposta pedagógica do curso.

4.2 PROGRAMAS *MINOR* E A PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU*

A flexibilidade é uma característica dos currículos modernos. Uma forma típica para se flexibilizar itinerários são as disciplinas eletivas ou optativas. Na Mauá, os estudantes podem optar livremente por disciplinas eletivas no seu último ano da graduação ou por um conjunto organizado de disciplinas que lhes confere uma especialização em nível de graduação, com carga horária de 240 horas – são os programas *Minor*. Esses programas incentivam os alunos a desenvolver competências adjacentes às da sua formação principal. Por exemplo, os formandos de Engenharia podem escolher cursar *minor* de Ciência de Dados, Gestão de Negócios e Design e Inovação, entre outros.

O *Minor* é também visto como uma porta de entrada para a pós-graduação *lato sensu*. Um dos trabalhos desenvolvidos nesse processo de reforma curricular da Mauá tem sido o de aumentar a participação na graduação de professores que antes só atuavam na pós-graduação e vice-versa, e o *Minor* tem sido uma das maneiras de se fazer isso. Assim, favorece-se a integração, e a educação continuada é percebida com mais naturalidade.

4.3 PROJETOS E ATIVIDADES ESPECIAIS[9]

A nova concepção de currículos da Mauá passou a valorizar mais o que acontece fora da sala de aula convencional, estimulando o estudante a se envolver em problemas inter e transdisciplinares e a buscar ter experiências fora da sua área de formação principal. Quando se pretende desenvolver uma visão nexialista, é importante que os estudantes tenham múltiplas experiências com grupos de variados perfis e concepções. Atualmente, cerca de 15% da carga horária dos cursos de graduação da Mauá é integralizada em projetos e atividades especiais (PAEs), grande parte delas orientadas por profissionais não pertencentes ao quadro docente permanente da instituição. Do ponto de vista regulatório, os projetos e as atividades especiais são complementares – componente curricular obrigatório dos cursos de educação superior.

Um dos objetivos dos PAEs é o desenvolvimento das competências desejadas no mundo corporativo como: comunicação, liderança, trabalho em equipe, foco em resultados,

9 Essa experiência foi apresentada na publicação da CNI, SESI, SENAI, IEL. **Destaques da MEI**: boas práticas de parceria universidade-empresa em cursos de graduação em engenharia. Brasília: CNI, 2019. Disponível em: https://bit.ly/2P1nnfD. Acesso em: 10 fev. 2021.

entre outros. Há nos PAEs, ainda, outro objetivo intangível, que é a aproximação direta e objetiva do estudante ao mundo do trabalho, o que é alcançado tanto pela proximidade com profissionais atuantes no mercado, quanto pela solução de problemas reais.

Os PAEs, renovados semestralmente, são, predominantemente, desafios enfrentados pelo mercado – os projetos são estruturados por professores que dispõem de grande liberdade para propor atividades envolvendo uma vasta diversidade de conteúdos e estratégias pedagógicas, e por profissionais do mercado, que atuam como consultores que apoiam os alunos na busca de soluções. O envolvimento das empresas, que é incentivado, é também bastante frequente.

Os PAEs têm carga horária média de 40 horas por semestre e são oferecidos desde o primeiro ano para os estudantes de todos os cursos da Mauá, que precisam fazer, pelo menos, quatro atividades ou projetos por ano. São cerca de 200 temas diferentes, constantemente renovados. É importante ressaltar que os PAEs não têm pré-requisito, de modo que estão abertos para todos os estudantes de qualquer curso e série. Assim, formam-se grupos com alunos dos nove cursos de Engenharia da Mauá, abertos também aos estudantes de Design e Administração.

Por meio dos PAEs, é possível flexibilizar os itinerários curriculares, criar a possibilidade de modernização permanente dos temas e abrir espaço para uma abordagem dinâmica de problemas concretos vividos pelas empresas, sem as amarras de uma matriz curricular rígida, como em cursos tradicionais. Para os alunos, além da vivência em um ambiente profissional, existe a possibilidade de personalização de seu currículo. Dessa forma, os PAEs contribuem para reafirmar o compromisso da instituição com a formação de engenheiros alinhados às demandas prioritárias do mercado, tanto do ponto de vista técnico quanto no que diz respeito ao conjunto de habilidades pessoais requeridas. Outras características da iniciativa são:

- Entre as 200 atividades oferecidas semestralmente aos estudantes, há tanto projetos técnicos quanto *workshops* e outras atividades visando ao desenvolvimento de competências socioemocionais.
- Envolvem e integram, sempre que possível, conteúdos técnicos transversais relacionados à Engenharia, ao Design e à Administração, fazendo com que os projetos sejam concebidos levando-se em consideração a viabilidade técnica, a viabilidade econômica e a experiência do usuário, requisitos essenciais para que a inovação, de fato, aconteça.
- Não serem vinculados a um curso específico ou a uma série determinada, nem ter quaisquer pré-requisitos para participação. Ou seja, abrangem alunos de diferentes cursos e séries, inclusive os ingressantes, promovendo uma integração entre as diversas áreas do conhecimento, consolidando conteúdos e formas de trabalho interdisciplinares.
- Após a delimitação das condições de contorno dos problemas, os estudantes elaboram propostas de soluções que, por vezes, são apresentadas no formato de *pitch* e avaliadas por uma banca composta por profissionais com experiência em cada um dos temas abordados.

São também consideradas como PAEs as atividades de competição acadêmica, iniciação científica, de extensão e tantas outras iniciativas antes tratadas como extracurriculares, ver figuras a seguir.

FIGURA 12 – Equipe Concreto – Mauá



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 13 – Mauá Robotics Team



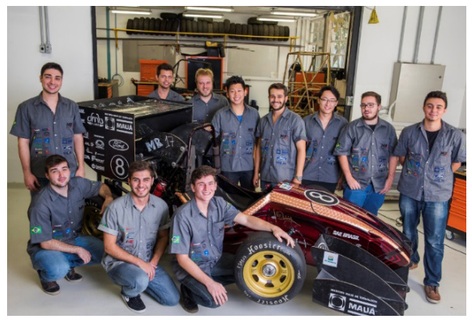
Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 14 – Equipe do Projeto ProAlfa, de alfabetização de adultos do município de São Caetano do Sul



Fonte: arquivo pessoal.

FIGURA 15 – Equipe Mauá Racing



Fonte: arquivo pessoal.

4.4 TRIPÉ DA INOVAÇÃO

Ir na contramão da fragmentação do conhecimento é também um componente dessa transformação curricular dos cursos da Mauá. Para ser coerente com o que se espera do egresso, a instituição deve preparar os estudantes para inovar e resolver problemas complexos. Para tanto, deve promover o relacionamento com professores, profissionais e

estudantes de várias áreas, trabalhando de forma colaborativa, enxergando os desafios por diversas perspectivas. Na Mauá, incentiva-se a convivência dos estudantes de Engenharia, Administração e Design nos PAEs e nos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs), que são obrigatoriamente em grupos, pois existe aí uma complementação essencial para promover a inovação: o engenheiro reforça a perspectiva da viabilidade técnica; o administrador, a da viabilidade econômico-financeira e o *designer* tem seu principal foco na experiência do usuário do produto ou serviço, como ilustrado na figura 16.

FIGURA 16 – Os componentes do tripé da inovação



Fonte: arquivo pessoal.

Assim como acontece com os PAEs, o envolvimento de empresas nos TCCs é bastante frequente. Muitos alunos aproveitam oportunidades que identificam durante o estágio para propor os seus TCCs, servindo, assim, também ao interesse das empresas, que colaboram efetivamente com o desenvolvimento dos projetos.

4.5 GRANDES DESAFIOS DA HUMANIDADE

Participar de equipes multidisciplinares, ser desafiado com problemas reais da sociedade e ter acesso a múltiplas experiências de aprendizagem vão contribuir para o desenvolvimento das competências almejadas para o egresso. Na Mauá, deseja-se mais do que preparar o estudante para o mercado. Deseja-se preparar o egresso para contribuir com os grandes desafios da humanidade. O engenheiro da Mauá deve perceber seu papel, sua relevância num contexto globalizado, ainda que opte, no futuro, por uma atuação local. Desde a primeira semana de aula, os calouros são apresentados aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da Organização das Nações Unidas (ONU) e procuram associar seus projetos e trabalhos a esses desafios (figura 17).

FIGURA 17 – 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU



Fonte: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/

Essa associação volta a ser lembrada em outros momentos do curso e é mais uma vez ressaltada no trabalho de conclusão, em que todos os projetos buscam alinhamento com pelo menos um desses objetivos. Como já dito, ainda que a atuação seja localizada, deve haver um olhar para os seus desdobramentos numa escala globalizada.

Todos os TCCS da Mauá são apresentados numa mostra aberta ao público que recebe, anualmente, milhares de visitantes. Na oportunidade, os estudantes exibem suas soluções e seus projetos à sociedade. A mostra é visitada por investidores, profissionais e representantes de governo com genuíno interesse nas propostas dos jovens egressos. Em 2021, por força da pandemia do coronavírus, a mostra foi totalmente virtual e pode ser vista em https://eureka.maua.br/trabalhos.

FIGURA 12 – Eureka, mostra anual dos TCCs



Fonte: arquivo pessoal.

Uma outra iniciativa da Mauá na preparação dos estudantes para os grandes desafios da humanidade é sua participação no *Grand Challenges Scholars Program* (GCSP) estruturado pela NAE, dos Estados Unidos. A Mauá utiliza uma combinação de atividades ligadas por um tema comum de projeto, para desenvolver nos alunos participantes as cinco seguintes competências que a NAE e o IMT entendem ser chaves para capacitá-los para a resolução dos grandes desafios da humanidade:

- Competência Técnica.
- Competência de Multidisciplinaridade.
- Competência de Viabilidade Econômica e Empreendedorismo.
- Competência de Multiculturalidade.
- Competência de Consciência Social.

Os estudantes ingressam nesse programa de desenvolvimento de competências depois de passar por um processo seletivo realizado pela equipe de profissionais da Mauá responsável pela condução do GCSP. A cada estudante é designado um professor-tutor que o acompanha e orienta durante todo o programa. Ao final, os estudantes recebem um certificado de reconhecimento da NAE, um diferencial de currículo que atrai os estudantes mais engajados.[10]

10 Para mais informações sobre o GCSP, acesso o *link*: http://www.engineeringchallenges.org/GrandChallengeScholarsProgram.aspx

4.6 INTERAÇÃO COM A INDÚSTRIA

As novas DCNs do curso de Engenharia preconizam que deve haver maior interação entre a academia e o mercado de trabalho durante todo o processo de formação do aluno. Ora, faz todo o sentido que a academia seja permeável para se relacionar com o mundo empresarial e a sociedade como um todo. Afinal, os egressos do curso de Engenharia vão servir à sociedade de uma maneira ou de outra. O contato com os problemas e as necessidades reais aproximam a teoria da prática e dão sentido ao projeto pedagógico focado em competências.

De acordo com as DCNs, o perfil esperado para o egresso do curso de graduação em Engenharia compreende, entre outras características, estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, e ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas em sua área de formação.

Essa permeabilidade entre sociedade e academia é benéfica e necessária também para as empresas, que, para atender às necessidades de produtos e serviços competitivos, precisam sempre inovar, contando para isso com engenheiros muito bem qualificados e competentes.

Na Mauá, existe uma unidade que funciona paralela e colaborativamente com a academia, denominada Centro de Pesquisas (CP). O propósito do CP é gerar conhecimento relevante para o setor empresarial dentro das áreas de atuação da Mauá e trazer para a Academia a oportunidade do contato com os problemas reais da indústria durante a formação dos estudantes. Para isso, todos os recursos da Academia são colocados à disposição do CP, sua infraestrutura e suas pessoas – professores, alunos e corpo técnico-administrativo. O CP faz constantemente a prospecção ativa de oportunidades, contando com equipe própria e dedicada a isso, e também reage a consultas que lhe são feitas. É por meio dele que a interação com a indústria acontece. São múltiplas as formas com que a Mauá se relaciona com o setor empresarial.

Grosso modo, as interações e cooperações com o setor empresarial podem ser divididas em dois tipos. O primeiro, chamado de interação acadêmica, é aquele em que a empresa coopera para geração de conhecimento aberto, publicável, financia projetos de pesquisa, concede bolsas de pesquisa e patrocina concursos, competições e *hackathons*. A segunda forma de interação, denominada de empresarial, compreende atividades de consultoria, pesquisa aplicada fechada, treinamentos, desenvolvimento de soluções específicas de interesse da empresa e ensaios e calibrações.

5 CONCLUSÃO

A construção de um currículo não é simplesmente um encadeamento de disciplinas a serem cursadas numa matriz engessada. Uma instituição de educação superior em Engenharia que se propõe a formar profissionais competentes e preparados para a inovação deve ser permeável na interação com a sociedade, em especial com o setor empresarial. Na Mauá, o curso é composto por disciplinas convencionais e múltiplos projetos e atividades especiais que oferecem ao aluno oportunidades de interagir com profissionais atuantes do mercado e estudantes de outros cursos para a solução de problemas das empresas e da sociedade em geral.

Nos cursos da Mauá, existe tanto a preocupação com as competências técnicas, quanto com as socioemocionais. Seja ele um futuro profissional de atuação generalista ou especialista, trabalha-se para que o estudante da Mauá tenha uma visão nexialista, de modo que, ao perceber as conexões entre as partes de um desafio complexo, possa dar uma contribuição mais qualificada para a geração de conhecimento e inovação.

Neste trabalho, procurou-se mostrar que a Mauá, por meio da integração de seus cursos, da relação do Centro de Pesquisas com o setor empresarial, da permanente capacitação docente promovida pela sua Academia de Professores e de todas as ações que buscam dar oportunidades para seus alunos, professores e corpo técnico-administrativo tem um projeto pedagógico coerente com o propósito de formar engenheiros protagonistas, capazes de enfrentar os grandes desafios da humanidade.



CAPÍTULO 7

RELAÇÃO UNIVERSIDADE-EMPRESA: DA PARTILHA DE VISÕES DE FUTURO E DESAFIOS À MODERNIZAÇÃO DOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA ALAVANCANDO A INOVAÇÃO E O PROTAGONISMO DOS ESTUDANTES

Gustavo Henrique Bolognesi Donato[1]

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo objetiva partilhar e discutir, à luz da experiência do Centro Universitário FEI (FEI), o valor da aproximação universidade-empresa como um dos elementos basilares para a modernização dos currículos de Engenharia e para a mudança de mentalidade dos agentes que integram o ecossistema universitário, no sentido de uma formação técnica e humanística que valoriza a autonomia e a centralidade do estudante, inserido em um contexto de sociedade, de mercado e de protagonismo atual e futuro. Nesse sentido, entende-se como objetivo central o desenvolvimento do perfil empreendedor e ativo dos estudantes de Engenharia na solução de problemas concretos e complexos com inovação, o que deve ser buscado por meio de projetos pedagógicos flexíveis, coerentemente articulados, que valorizem a experimentação e as metodologias ativas, que tenham foco no desenvolvimento das competências e na garantia da aprendizagem e que estejam em contínuo e estreito diálogo com a sociedade e com o mercado.

Na visão da FEI, que tem desde o início participado ativamente dos esforços de modernização das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) aplicáveis aos cursos de Engenharia, trata-se de pauta estruturante e de grande valor ao País no que se refere à formação de qualidade, inovação e ganhos de competitividade, indo ao encontro dos objetivos da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI). Uma perspectiva ainda mais abrangente emerge ao se considerar os conceitos de hélice tríplice (HT) e hélice quíntupla (HQ), sendo que o último considera não só as relações múltiplas e recíprocas dos três agentes da HT

1 Reitor do Centro Universitário FEI.

(universidade-empresas-governo) para a inovação e o desenvolvimento, mas também a sociedade civil (como impulsionadora/usuária) e o meio ambiente (como um dos aspectos da sustentabilidade e do movimento ESG – *Environmental*, *Social* e *Governance*, em português meio ambiente, social e governança) como quarto e quinto elementos que devem pautar profissionais, soluções e negócios. Uma interessante revisão sobre o assunto pode ser encontrada em Mineiro et al.[2]

Embora não sejam o foco do (ou detalhados no) presente capítulo, servem como pano de fundo e o leitor encontrará valia na consulta a quatro documentos de referência, a saber: i) a Resolução CNE/CES nº 2/2019,[3] a qual institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia; ii) a Resolução CNE/CES nº 1/2021, a qual altera o art. 9°, § 1º, da Resolução CNE/CES nº 2/2019;[4] iii) o livro *A Engenharia e as novas DCNs – Oportunidades para formar mais e melhores engenheiros*;[5] e iv) o Documento de apoio à implantação das DCNs do curso de graduação em Engenharia.[6]

2 CONTEXTO INSTITUCIONAL: PROXIMIDADE COM EMPRESAS E INICIATIVAS PELA INOVAÇÃO

A FEI é uma instituição comunitária, de inspiração jesuíta e sem fins lucrativos, que celebrou seus 80 anos em março de 2021. Ao longo dessa trajetória, tendo por elemento central de sua missão proporcionar conhecimento às pessoas visando à construção de uma sociedade desenvolvida, humana e justa, já contribuiu para a formação de mais de 60 mil profissionais em suas áreas prioritárias de atuação, que incluem Administração, Ciência da Computação e oito diferentes modalidades de Engenharia.

A fundação das antigas Faculdade de Engenharia Industrial (FEI) e Escola Superior de Administração de Negócios – Esan (hoje integrantes do Centro Universitário FEI) remonta à década de 1940 e se deve à visão do jesuíta Pe. Roberto Sabóia de Medeiros, que anteviu o crescimento econômico do País e a iminente necessidade, especialmente por

2 MINEIRO, A. A. C.; SOUZA, D. L.; VIEIRA, K. C.; CASTRO, C. C; BRITO, M, J. Da hélice tríplice a quíntupla: uma revisão sistemática. **E&G – Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 18, n. 51, 2018.

3 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 3 jan. 2021.

4 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 1, de 26 de março de 2021**. Altera o Art. 9°, § 1º da Resolução CNE/CES 2/2019 e o Art. 6°, § 1º da Resolução CNE/CES 2/2010, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-1-de-26-de-marco-de-2021-310886981. Acesso em: 3 jan. 2021.

5 OLIVEIRA, V. F. **A Engenharia e as novas DCNs**: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros. 1ª ed. LTC, Rio de Janeiro - RJ, 2019.

6 CNI; CNE; ABENGE; CONFEA. **Documento de apoio à implantação das DCNs do curso de graduação em Engenharia**. Brasília: CNI, 2020. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/6/documento-de-apoio-implantacao-das-dcns-do-curso-de-graduacao-em-engenharia/ Acesso em: 3 jan. 2021.

parte das indústrias, de engenheiros e gestores que suportassem sua consolidação e desenvolvimento. Foi por intermédio de parcerias e articulações com variados setores empresariais que a instituição pôde iniciar suas atividades e consolidar-se na cidade de São Paulo, expandindo em 1963 sua atuação também para a cidade de São Bernardo do Campo, a fim de apoiar o expressivo crescimento industrial que se delineava, à época especialmente nas áreas metalmecânica e automobilística. A mesma visão institucional empreendedora levou à criação do Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais na década de 70 (hoje Agência de Inovação FEI), do Instituto de Especialização na década de 80 (hoje responsável pela Educação Continuada) e da Faculdade de Informática (FCI) na década de 90 (todos partes do Centro Universitário).

Atualmente, com operações nos *campi* São Paulo e São Bernardo do Campo, a proximidade com o setor produtivo permanece marcante em todas as dimensões de ensino, pesquisa e extensão, e tais articulações e desenvolvimentos conjuntos reverberam positivamente em todos os níveis formativos oferecidos, o que inclui a graduação, a extensão, a pós-graduação *lato sensu*, o mestrado e o doutorado. Atualmente, a instituição possui mais de oito mil empresas cadastradas e uma base ativa de mais de quatro mil empresas parceiras para fins de estágios, inserção e iniciativas profissionais, e mais de uma centena delas estão também envolvidas em parceiras para projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), competição ou capacitação em colaboração.

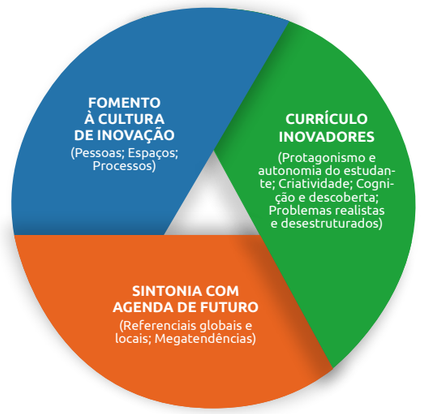
Em termos de desenvolvimento institucional, uma salutar indução à institucionalização da inovação se deu a partir de 2016, somando-se – e traduzindo melhor à sociedade em termos de objetivos e impacto – às já consolidadas dimensões de ensino, pesquisa e extensão. Foi constituído, em 2016, o Grupo Orientador de Inovação FEI (GOI), conselho voluntário constituído por aproximadamente dez executivos (em sua ampla maioria *Chief Executive Officers* – CEOs, presidentes ou vice-presidentes) de destacadas empresas brasileiras[7] e que passaram a se reunir quadrimestralmente com as lideranças da FEI, a fim de nortear as políticas e iniciativas institucionais voltadas à inovação nas dimensões estratégicas, organizacionais, de visão de futuro e de operações acadêmico-científico-tecnológicas.

7 A título de exemplo, a composição do GOI nos anos de 2018 a 2020 contava com representantes convidados da Bosch, Kuka, Embraer, Evonik, ZF, VW-MAN, McKinsey, IPT, Siemens, Bayer, GE, IPDES e VDI, entre outros convidados pontualmente.

3 COORDENAÇÃO DE INOVAÇÃO E O PROJETO PLATAFORMA DE INOVAÇÃO FEI

Como primeiros resultados do trabalho do GOI, foi constituída uma Coordenação de Inovação no âmbito da reitoria, cujas responsabilidades passaram a contemplar o também gestado, ainda em 2016, Projeto Plataforma de Inovação FEI. A figura 1 revela as três dimensões centrais do movimento, que, em síntese, representam a indução a uma cultura institucional de inovação em termos da preparação das pessoas, espaços e processos, acompanhada de grande sintonia com uma agenda de futuro (do estratégico ao tático-operacional, considerando o mercado e as megatendências), que necessariamente subsidie currículos inovadores em todos os níveis formativos oferecidos. Esse ambiente de indução institucional à inovação foi de grande importância na participação e contribuição da FEI no processo de modernização das DCNs de Engenharia junto à MEI/CNI, CNE, Abenge e Confea. Permitiu também a modernização dos currículos de Engenharia da instituição, lançados em 2019 e aderentes às diretrizes. Como poderá se evidenciar nas seções seguintes, em todas as dimensões da Plataforma de Inovação FEI, a presença da sociedade e especificamente do empresariado é estratégica – da partilha de visões de futuro de lideranças empresariais, passando pela busca conjunta de soluções para problemas reais em componentes curriculares e Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs), até a colaboração para o desenvolvimento de ciência e tecnologia no estado da arte. São facilmente identificáveis ganhos mútuos na formação de recursos humanos de excelência, na geração e disseminação de conhecimento e na solução original de problemas – caminho a seguir perseguindo para que, como País, se possa fomentar a inovação e competitividade.

FIGURA 1 – Dimensões estruturantes do projeto Plataforma de Inovação FEI



Fonte: elaboração própria.

4 CENÁRIO DE RÁPIDAS TRANSFORMAÇÕES, MEGATENDÊNCIAS E PARTILHA DE VISÕES DE LÍDERES EMPRESARIAIS NOS CONGRESSOS FEI DE INOVAÇÃO E MEGATENDÊNCIAS 2050

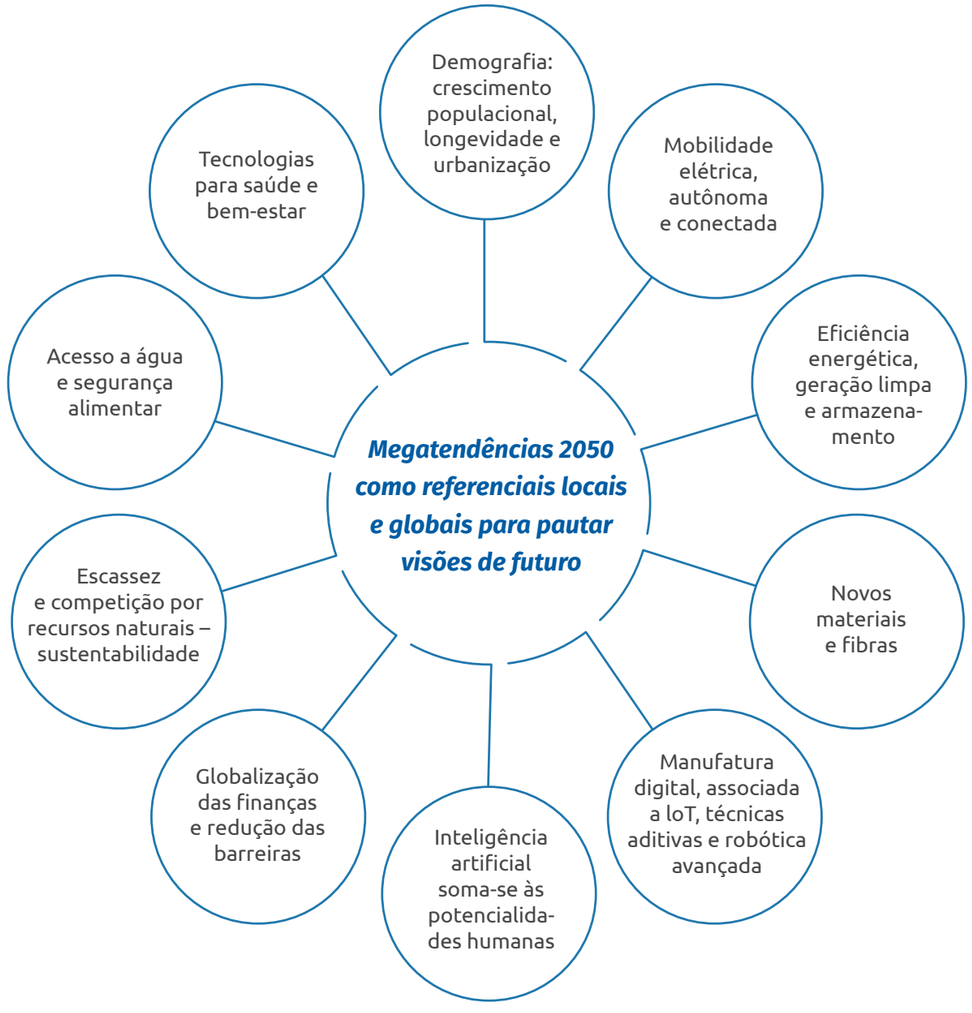
Um resultado com impacto direto no ensino, favorecido pela colaboração dos executivos do GOI e que está no cerne da agenda de futuro da Plataforma de Inovação FEI, foi o mapeamento conjunto e detalhado das megatendências[8] (2030 a 2050), o que permitiu a cocriação de visões de futuro de longo prazo relacionadas à tecnologia, à sociedade, ao perfil de egresso e à formação oferecida pela instituição. Embora sejam múltiplas as fontes de referência no assunto (empresas, consultorias, WEF, ONU, FAO, OCDE, entre outras), apresentam-se, na figura 2, alguns exemplos de megatendências 2050 de caráter geral e eleitas pelos executivos e pela FEI como norteadoras das transformações do País e do mundo nas próximas décadas. Vale destacar que não contemplam somente tendências tecnológicas, mas também demográficas, econômicas, ambientais e sociais.

Além de sua evidente utilidade para fins estratégicos e de desenvolvimento de cursos e áreas, era essencial que as megatendências e o desenvolvimento de visões de futuro chegassem efetivamente aos alunos, aos docentes e aos demais agentes da FEI, tornando-se pauta pujante do ambiente universitário. Surgiram, então, as edições anuais do Congresso FEI de Inovação e Megatendências 2050, com as temáticas até 2019 (ver figura 3). O evento 2020 foi reagendado para 2021, em razão da pandemia. A edição 2019 contou com mais de 40 executivos (na maioria *C-Level*) partilhando suas visões e participando de 50 atividades

8 Megatendências são forças de impacto universal e de longo prazo, usualmente décadas, que causam mudanças relevantes na sociedade como um todo, e com energia e força suficiente para definir algumas trajetórias específicas (TSE, T. C. M.; ESPOSITO, M. **Understanding how the future unfolds**: using DRIVE to harness the power of today's megatrends. Lioncrest, 2017).

(plenárias e mesas-redondas) com 1,3 mil alunos e docentes diferentes participando presencialmente nos três dias e 35 mil visualizações on-line em tempo real somando 20 países. Os materiais de todos os eventos podem ser acessados no *link* do congresso na aba Revistas.[9]

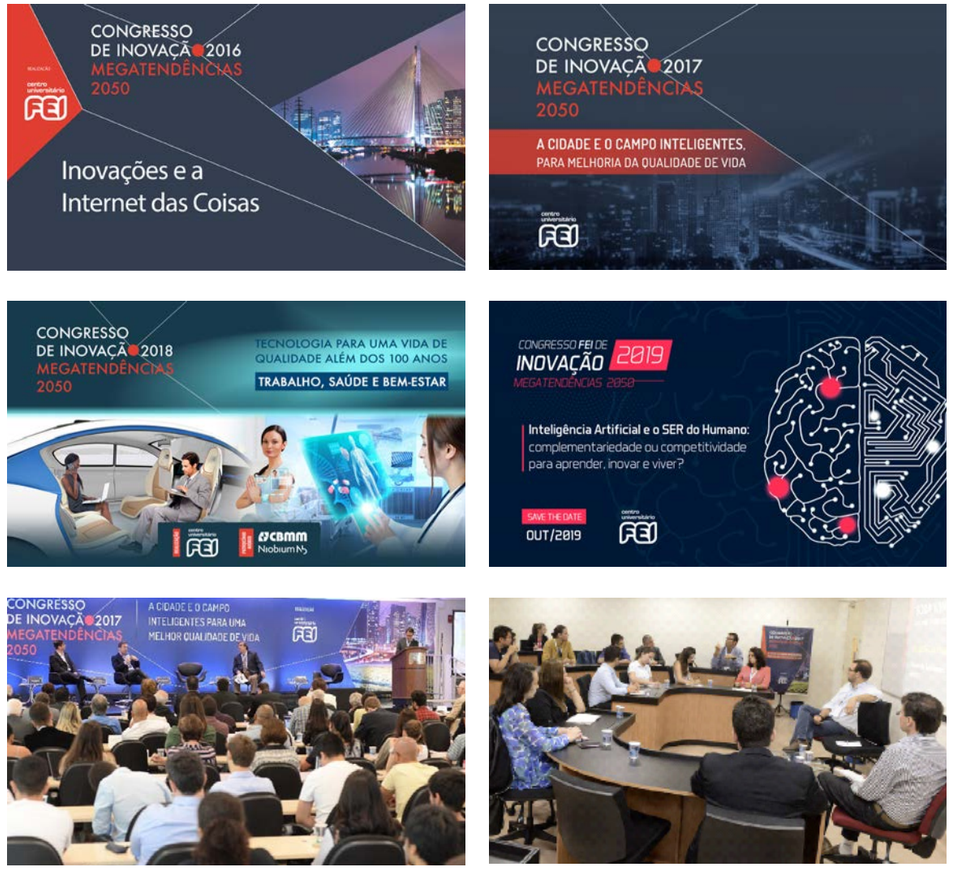
FIGURA 2 – Exemplos de algumas megatendências 2050



Fonte: elaboração própria.

9 Para mais informações, acessar o ***site***: https://congressodeinovacao.fei.edu.br/. Acesso em: 7 fev. 2021.

FIGURA 3 – Edições dos Congressos FEI de Inovação e Megatendências 2050



Fonte: FEI - Congresso de Inovação – Megatendências. Disponível em: https://congressodeinovacao.fei.edu.br. Acesso em: 7 fev. 2021.

Segundo a visão institucional, o conhecimento das megatendências e das visões partilhadas por destacadas lideranças traz para docentes, discentes e equipes de apoio, além da ampliação de repertório, a capacidade de identificação de grandes temas do amanhã e do desenvolvimento de visões positivas e inspiradoras no que se refere a planos de curso, carreira e vida em um futuro no qual se pretende viver e se destacar com qualidade e propósito. A perspectiva é de que o futuro não somente acontece, mas sim se constrói com base nas demandas sociais, de mercado e visões, e, por exemplo, os engenheiros e profissionais de computação devem se identificar como parte central dessa construção. A partir de 2017, como forma de manter latente o diálogo com o mercado e a partilha de visões, são também realizados ao longo do ano encontros chamados *Diálogos com Visionários*, nos quais líderes empresariais e acadêmicos compartilham visões e realizam mentoreamento direto com estudantes de graduação e pós-graduação. Vale mencionar,

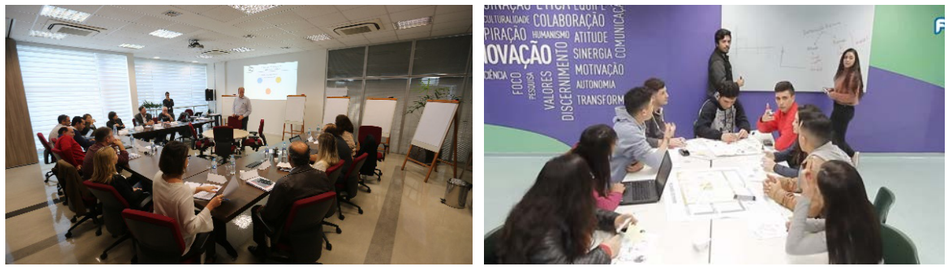
no entanto, que não basta o conhecimento de temáticas, tendências e visões; também é necessária a preparação das pessoas no que se refere à mentalidade de abertura ao novo, ao domínio dos processos de inovação e dos novos paradigmas da educação, o que é apresentado a seguir e igualmente vem sendo realizado desde 2017 como parte da dimensão de transformação cultural da instituição a fim de apoiar os novos currículos.

5 PAPEL DA CULTURA E DAS PESSOAS – PREPARAÇÃO E NOVOS PAPÉIS DOS AGENTES UNIVERSITÁRIOS E DOCENTES-MENTORES

Na dimensão de Fomento à Cultura de Inovação da Plataforma de Inovação FEI (figura 1), envolvendo o aprimoramento das pessoas, espaços e processos, teve início em 2017 um programa sistemático de capacitação para inovação, a fim de deixar clara sua indissociabilidade com ensino, pesquisa e extensão e seu *status* de prioridade institucional transversal. Com o apoio do GOI, o programa contou inicialmente com a facilitação de um executivo experiente nacional e internacionalmente em inovação, criatividade e desenvolvimento de pessoas e visões. Por meio de imersões, foram inicialmente capacitados 37 docentes/mentores (figura 4a) que, na qualidade de multiplicadores, passaram, a partir de 2018, a realizar imersões com o corpo docente (97% do total participaram), colaboradores de suporte acadêmico (100% participaram) e corpo discente (figura 4b – nesse caso, formadores de opinião e multiplicadores: alunos de projetos acadêmicos, iniciações, representantes de turmas, monitores, entre outros), a fim de fomentar a disseminação da cultura de inovação mesmo enquanto os novos projetos pedagógicos de curso (PPCs) das Engenharias encontravam-se em revisão. Maiores detalhes a respeito podem ser vistos no capítulo 9 do livro organizado por Oliveira.[10]

10 OLIVEIRA, 2019.

FIGURA 4 – Exemplos de rodadas de capacitação para inovação



(a) (b)

Fonte: arquivo pessoal.

Tais práticas integraram-se às políticas de capacitação semestral da instituição. Em 2021, por exemplo, foram realizados no mês de fevereiro: i) a edição 2021.1 do Programa de Desenvolvimento Docente (PDD) FEI,[11] com duração de três dias nos quais foram oferecidos cursos e oficinas em desenho de currículos, disciplinas, metodologias ativas e de avaliação para todos os docentes; ii) na semana seguinte e à luz do PDD, foi realizada a Semana da Qualidade no Ensino, Pesquisa e Extensão do 1º semestre de 2021, em que, também, durante três dias, boas práticas nacionais e internacionais do mercado e academia foram trazidas à comunidade FEI – a título de exemplo: no primeiro dia, discutiram-se *inovação e empreendedorismo como competências nos cursos* e estiveram presentes como apresentadores/debatedores Bruno Rondani (CEO da 100 Startups) e Felipe Castano Gonzalez (Diretor de Planejamento Comercial e Expansão do Ifood); no segundo dia, as discussões foram sobre *hard* e *soft skills* e como se complementam no mercado, com a consultora empresarial e autora na área Lucedile Antunes; o terceiro dia contou com a partilha da experiência de vários anos da Universidade do Minho, de Portugal, com o uso de aprendizagem baseada em projetos (PBL, na sigla em inglês) e aprendizagem ativa na Engenharia. Outras diversas iniciativas de capacitação e preparação das pessoas, ao longo dos últimos semestres, foram realizadas, buscando sempre mesclar referenciais externos e internos, nacionais e internacionais, de mercado e academia, e nos âmbitos conceitual, instrumental e tecnológico, de tal sorte que possam apoiar o desenvolvimento e a atualização das pessoas, dos projetos e das práticas pedagógicas.

O entendimento institucional é que – concomitantemente à migração da formação conteudista para a formação por competências e pautada pela autonomia, pelo perfil empreendedor e pela inovação – técnicos, equipes de apoio e centralmente docentes

11 As atividades de capacitação docente intensificaram-se a partir de 2018, incluídas no contexto da Plataforma de Inovação FEI e somando-se às imersões anteriormente mencionadas. Desde então, ocorreram, em sua maioria, inseridas na programação da Semana da Qualidade no Ensino, Pesquisa e Extensão, evento semestral que antecede o início das atividades acadêmicas. Dada sua relevância para o desenvolvimento contínuo dos novos PPCs e o aprofundamento das temáticas sendo discutidas, a partir de 2021, o PDD passou a integrar o calendário da instituição, com periodicidade semestral.

assumam o papel de verdadeiros mentores nos processos de aprendizagem, experimentação e descoberta, inseridos em espaços (sejam físicos ou virtuais) igualmente desafiadores e inspiradores e que levem à solução de problemas complexos, desestruturados, mas realistas, alinhados às demandas da sociedade e do mercado, consequentemente com impacto nas megatendências. Os desafios são expressivos, ainda mais por que se deixa uma posição de detenção do saber para uma posição (muito mais exposta e demandante) de mentoria na descoberta e construção conjunta do saber, das competências e das soluções. A professora de psicologia Carol Dweck[12] preconiza uma mentalidade de crescimento e aberta ao novo, muito útil ao tema, uma vez que se trata de uma mudança completa de paradigmas sobre como se lida com objetivos, pessoas, trabalho e naturalmente educação, fatores determinantes na exploração do potencial dos jovens e na busca pelo sucesso diante das demandas atuais e futuras do mercado e da sociedade.

6 DEMANDAS EMPRESARIAIS E REFLEXO NOS NOVOS PROJETOS PEDAGÓGICOS DE CURSO (PPCs) DAS ENGENHARIAS

Tratando-se dos cursos de Engenharia, foram aproximadamente 2,5 anos de trabalho na reestruturação dos projetos pedagógicos, os quais foram lançados no primeiro semestre de 2019, já aderentes às DCNs revisadas lançadas no mesmo ano. Não se objetiva detalhar, no presente capítulo, os PPCs implementados,[13] mas é relevante mencionar algumas das premissas da reestruturação, que combinaram demandas advindas do mercado, da tecnologia e da ciência, assim como dos novos paradigmas da educação:

- Reposicionamento da formação para a inovação e centralidade do estudante.
- Currículos desenhados e acompanhados com foco nas competências (técnicas e comportamentais) e na gestão da aprendizagem.
- Inovação e processo inovador em suas cinco fases (da problematização ao delineamento de produtos minimamente viáveis – MVPs) como fios condutores das trilhas formativas, favorecendo a proximidade com empresas e suas problemáticas – as referidas cinco fases podem ser encontradas no trabalho de Schoellhammer,[14] justamente na linha do empreendedorismo e da inovação na relação universidade-empresa.

12 DWECK, C. S. **Mindset**: Changing The Way You think To Fulfil Your Potential. London: Robinson, 6ª ed., 2017.

13 Para mais detalhes, consultar: OLIVEIRA, 2019.

14 SCHÖLLHAMMER, S. **Fostering students' entrepreneurship and open innovation in university-industry collaboration.** 2015. Disponível em:http://www.idealab.uns.ac.rs/pub/download/14260692107121_idealab_trainings_-_idea_generation___idea_selection_unistutt_2015-01-30_handout.pdf . Acesso em: 7 fev. 2021.

- Fortalecimento das aplicações e atividades práticas, com problemas realistas e desestruturados, que exigem elevado grau de flexibilidade na interpretação, enunciação e solução, combinados a espaços de aprendizagem diversos e que inspirem a criatividade e a iniciativa.
- Maior flexibilidade curricular e incentivo à autonomia, por meio de tecnologia, metodologias ativas e componentes curriculares eletivas e optativas.
- Foco na formação integral, técnica e humana, alinhada aos grandes temas do amanhã (megatendências), visando ao aprimoramento da qualidade de vida.

Nesse contexto, as reestruturações curriculares dos cursos de Engenharia foram conduzidas pelos respectivos Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs) e equipes docentes, combinando membros com perfis de docentes-pesquisadores e docentes com atuação no mercado (tanto executivos quanto engenheiros), subsidiados por *benchmarks* nacionais e internacionais e pelas demandas regulatórias, acadêmicas, profissionais e do mercado (incluídas aqui as Recomendações da MEI/CNI para o Fortalecimento e Modernização do Ensino de Engenharia no Brasil[15]). Adicionalmente, algumas das equipes e coordenações conduziram consultas a profissionais, alunos e ex-alunos.

Emergiram do referido contexto os perfis de egressos capazes de atuar em mercados cada vez mais dinâmicos, multidisciplinares e integrados, assim como as competências e os desdobramentos em termos de conhecimentos, habilidades e atitudes que permitiram o delineamento das trilhas formativas e componentes curriculares, incluindo disciplinas (obrigatórias, optativas e eletivas), projetos integradores, atividades complementares, estágios, entre outros. Resultaram também as induções e políticas no que se refere ao incentivo às metodologias ativas, à tipificação de problemáticas de mercado que devem subsidiar os projetos do início ao fim dos cursos, à sistematização da elaboração de planos de curso e carreira/vida com os estudantes, entre outros elementos que representaram avanços significativos no ensino de Engenharia na instituição.

Recuperando a estrutura da figura 1, tal processo de construção – a partir de 2019, tem-se a implementação dos novos currículos dos cursos de Engenharia – está dentro do contexto e é também apoiado pelo Projeto Plataforma de Inovação FEI e pelos executivos do Grupo Orientador de Inovação. Isso favorece que as abordagens levem em consideração os aspectos técnicos, legais, comportamentais, econômicos, éticos e sociais das iniciativas, aproximando ainda mais docentes e alunos do mercado e da sociedade e, ao mesmo tempo, desenvolvendo nos jovens o senso crítico, a visão sistêmica e a autonomia para

15 CNI. **Destaques de inovação** - recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil. Brasília: CNI, 2018.

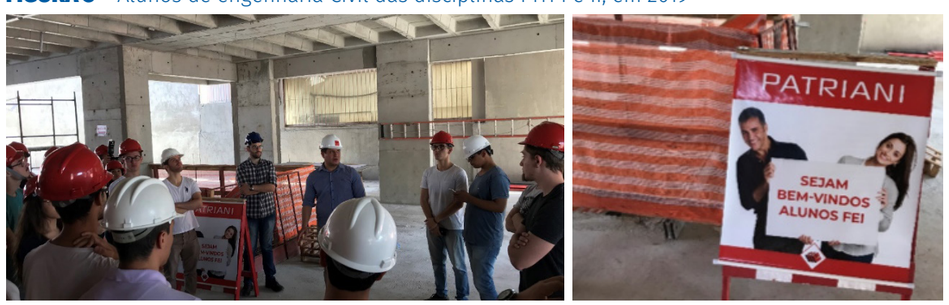
aprender a aprender e se adaptar às circunstâncias, tão necessárias dado o contexto atual e futuro de complexidade e ineditismo dos problemas.

6.1 EXEMPLOS CONCRETOS DA PROFÍCUA INTERAÇÃO EMPRESA-UNIVERSIDADE NOS CURRÍCULOS E NO AMBIENTE UNIVERSITÁRIO

Componentes curriculares de Práticas de Inovação – todos os novos projetos pedagógicos possuem componentes curriculares integradoras, que são denominadas para todos os cursos *Práticas de Inovação* nos primeiros dois semestres e, posteriormente, configuram-se em cada modalidade por meio de projetos integradores e/ou disciplinas integradoras. Nas Práticas de Inovação do primeiro ano, sempre com dinâmicas e metodologias ativas, alunos calouros são apresentados às megatendências, ao processo inovador (problematização; ideação; avaliação; prototipação; plano de negócios e MVP) e às principais ferramentas de criatividade e inovação. Então, eles são demandados a buscar, na sociedade, no governo e nas organizações, problemáticas reais ou realistas que possam ser tratadas ao longo do ano – os próprios professores também possuem muitos contatos e problemáticas que acabam sendo propostas aos grupos que não identificam desafios de interesse. Têm sido bastante variadas as temáticas tratadas, as quais também surpreendem as bancas avaliadoras (realizadas ao final de cada semestre na forma de *pitches* com documentação de suporte e com membros internos e externos do mercado) pela qualidade e originalidade das ideias, soluções e MVPs, assim como pela postura e competências comportamentais. Áreas, como saúde, acessibilidade, mobilidade, geração de energia, soluções para a economia compartilhada, água, saneamento e alimentos, têm recebido grande atenção de professores, alunos e empresas parceiras. Vale destacar que, nos mesmos períodos, os alunos possuem componentes curriculares de projeto, eletrônica geral (que inclui fundamentos de robótica e criação de apps), programação, entre outros que propiciam ferramental instigante e, ao mesmo tempo, poderoso. Um exemplo concreto de 2021 é de uma turma constituída por oito grupos de estudantes que, em parceria com a empresa Innovare Alimentar, investigam sistemas inovadores para redução do desperdício de alimentos no Agronegócio e sua cadeia. Naturalmente, existem limitações de maturidade técnica nas soluções desenvolvidas e nos protótipos, sejam físicos ou virtuais, o que é natural por ser o primeiro ano do curso, mas os ganhos de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos em relação aos PPCs anteriores são marcantes. São também dignas de nota as disciplinas que, em variados semestres, apoiam os estudantes no planejamento de curso, carreira, vida, preparativos para inserção no mercado e contam com docentes especialistas e visitas, palestras e mentoria de profissionais do mercado.

Projetos integradores – nos projetos integradores que ocorrem ao longo de todos os cursos e possuem variadas naturezas, a premissa e indução institucional é que, sempre que se mostrar possível, as problemáticas adotadas devem vir do mercado e de situações reais que possam subsidiar o aprendizado e que as competências desenvolvidas e avaliadas envolvam não só os aspectos técnicos, mas todos os demais como preconizam os projetos pedagógicos no perfil do egresso e nas respectivas competências. A sistemática é similar àquela apresentada no caso anterior (de aplicação dos passos da inovação), porém as soluções são caracterizadas por maior grau de maturidade e complexidade. Ao ter como exemplo a Engenharia Civil, a figura 5 apresenta a rodada 2019 de Projeto Integrado Tutorado de Inovação (PITI) I e PITI II, em que os alunos desenvolvem soluções de inovação para desafios reais da construtora parceira Patriani. Os alunos têm autonomia – desde o processo de formulação do problema até a implementação da solução, apoiados pela tutoria do professor, dos demais docentes do curso de Engenharia Civil –, e são apadrinhados por um profissional da construtora. O trabalho é realizado em um ciclo de um ano, sendo que, no primeiro semestre, os problemas são identificados e tratados segundo os passos da inovação e, no segundo semestre, os estudantes devem realizar a implementação da solução, avaliada segundo seu *Technology Readiness Level* (TRL), sendo desejável atingir entre TRL3 e TRL9. No ano de 2020, as atividades foram realizadas, em sua maioria, virtualmente. Exemplos com estruturação similar se dão em outros semestres e cursos.

FIGURA 5 – Alunos de engenharia Civil das disciplinas PITI I e II, em 2019



Fonte: arquivo pessoal.

Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) – nos novos projetos pedagógicos, há a indução para que todas as temáticas tratadas venham de problemáticas reais do mercado ou sejam atreladas a desafios científicos alinhados às megatendências e de interesse dos cursos. Na maioria dos casos, as temáticas são oriundas de empresas parceiras ou nas quais os estudantes já realizam estágios ou atuam profissionalmente. Usualmente, os trabalhos contam, além do orientador da FEI, com um orientador da empresa. Em muitos casos, a depender do tema e interesse, os TCCs são patrocinados com recursos e verba por meio de projeto contratado pela Agência de Inovação FEI. Ao ter como exemplo a área de Engenharia Mecânica, ênfase Automobilística/Mobilidade, o quadro 1 apresenta, de forma não exaustiva, alguns exemplos públicos de projetos de TCC e empresas parceiras dos últimos três anos e que já se inspiram na sistemática dos novos PPCs. Abordagens similares ocorrem em outros cursos e, em muitos casos, as empresas parceiras mantêm seu interesse nos projetos e/ou no investimento nos estudantes – por contratação, apoio para pós-graduação ou investimento em projetos e *startups*.

QUADRO 1 – Exemplos de TCCs da Engenharia Mecânica – Automobilística/Mobilidade

Título do projeto	Parceira	Observação
Projeto Jotun: otimização do sistema de arrefecimento e temperaturas de trabalho dos componentes de propulsão elétrica	Bosch	Tema de interesse da Bosch Netherlands sendo acompanhado por grupo de engenheiros da empresa.
Projeto ReTech-EGR: tecnologia para geração de gases de H_2 e CO pela reforma de gases de exaustão visando à maior eficiência energética	General Motors	Primeiro colocado no Prêmio SAE Brasil Educação de Engenharia 2015.
Projeto AGR Hybrid Power: sistema para uso de combustíveis alternativos em tratores	AGCO	Projeto ganhador da exposição de TCCs do respectivo semestre.
Projeto Spark-D: estudo da aplicação do conceito SPCCI em motores a gasolina	Renault Brasil	No caso, houve a doação do motor e testes na FEI.
Projeto Carreta *Double Deck*: soluções para redução de falhas e custos de manutenção	JSL Logística	Solução que visa mitigar os efeitos das condições adversas das estradas.
Projeto COORDriving: solução de ecocondução otimizada à topografia da rota	JSL Logística	Solução em fase de incubação.

Fonte: elaboração própria.

Empresa Jr., equipes de inovação e competição – na empresa júnior, todos os projetos realizados são de empresas e com aportes financeiros por parte das mesmas; nas equipes de inovação dos departamentos e nas equipes de competição estudantil, há igualmente grande participação de empresas por meio de patrocínios diversos, licenciamento de *softwares*, mentoria técnica, cursos e desenvolvimento tecnológico conjunto. Considerando novamente a área de mobilidade, os projetos de competição acadêmica (Fórmulas Elétrico – figura 6 – e Combustão, BAJA e *Aerodesign*) somam 43 empresas patrocinadoras. Como tal relação envolve alunos de variados semestres e desenvolvimentos de caráter

competitivo com avaliação multidimensional (técnica, financeira, comunicação e expressão, modelo de negócios, inovação), há grande benefício à formação e ao ganho de experiência. Cenário análogo ocorre nos projetos da Engenharia Civil, Robótica e Inteligência Artificial, Engenharia Química, Materiais Compósitos, entre outros.

FIGURA 6 – Projeto Fórmula FEI e identificação de algumas empresas parceiras



Fonte: arquivo pessoal.

Espaços de ensino-aprendizagem e pesquisa em colaboração – o planejamento de implementação e acompanhamento dos novos PPCs demanda, necessariamente, a disponibilização de novos espaços de ensino-aprendizagem ou o aprimoramento de estruturas existentes – eis outra dimensão na qual a aproximação universidade-empresa tem se mostrado essencial. A título de ilustração, a figura 7 apresenta o eletroposto implementado no *campus* São Bernardo do Campo, em 2019, em parceria com a ABB, que visa suportar a formação em eletromobilidade dos novos PPCs da área; analogamente, veículos recebidos da VW Brasil, em 2020, e já instrumentados e em uso no laboratório de mobilidade – um deles é um Golf GTE, contendo as atuais tecnologias de elétricos e híbridos; e o laboratório de manufatura digital e indústria 4.0, premiado internacionalmente, primeiro no Brasil a utilizar a plataforma *Mindsphere* e uma parceria entre a FEI, a SPI integradora e a Siemens. Outros laboratórios em parceria com empresas que apoiam ou apoiarão os novos PPCs incluem laboratório de eletrônica de potência com a SMS eletrônica, de IoT com a Vivo Telefônica, o Centro de soluções em 5G sendo implantado em 2021 com a Vivo Empresas e a Ericsson, entre outros.

FIGURA 7 – Exemplos de recursos e espaços oriundos de parcerias universidade-empresa



Fonte: arquivo pessoal.

Projetos de pesquisa em parceria – outros elementos de interação universidade-empresa com grande impacto na formação em Engenharia, em todos os níveis, envolvem parcerias e contratos para pesquisa e inovação colaborativa. São celebrados por intermédio da Agência de Inovação FEI e representam estudos no estado da arte do ponto de vista tecnológico-científico, usualmente com apoio formal (recursos e materiais), tendo, em grande parte dos casos, aplicações reais de elevado TRL atreladas e que representam inovações no mercado. Costumam incluir alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado dos variados cursos em ambos os *campi*, proporcionando um grande diferencial para os egressos da FEI. Ao considerar os últimos cinco anos, são diversas dezenas de projetos contratados na lógica da hélice quíntupla com agências de fomento, Poder Público e empresas, mas aqueles diretamente com empresas somam mais de 25 iniciativas. Exemplos de corporações incluem Vale, BASF, SMS, Faber Castell, Suzano Papel e Celulose, Ceva, Deca, B2W, Leroy Merlin, IBM, CBMM, Metrô-SP, Vivo Telefônica, Embraer, entre outras.

Espaços para fomento à inovação e empreendedorismo pelos alunos – um último elemento de apoio à implementação dos novos PPCs e ao fortalecimento do ecossistema de empreendedorismo, inovação e proximidade universidade-empresa envolve os espaços de experimentação, estudo e convivência (figura 8). Além da estrutura de laboratórios da FEI, que é destacada e vem passando por aprimoramentos para atender às demandas dos novos PPCs, a estrutura das salas de aula foi revisitada e favorece a condução de metodologias ativas; está também em obras para operação, em 2022, um novo edifício multiuso com 5.600 m² que abrigará espaços acadêmicos, áreas de inovação, incubação/aceleração e de interação universidade-empresa.

FIGURA 8 – Exemplos de espaços de suporte às atividades acadêmicas



Fonte: arquivo pessoal.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os exemplos partilhados são alguns casos ilustrativos que permitem subsidiar o raciocínio sobre boas práticas na relação universidade-empresa que, no contexto das novas DCNs de Engenharia e na experiência de implementação dos novos Projetos Pedagógicos de Curso da FEI, têm resultado em avanços na cultura e visão institucionais, no ensino-aprendizagem e no desenvolvimento das equipes (docentes e de apoio), espaços e qualidade de formação. Os modelos de aproximação e relacionamento revelam-se amplamente variados, mas seus resultados invariavelmente profícuos. Um aspecto de essencial relevância é que a iniciativa universidade-empresa, independente da natureza, insira-se coerentemente no contexto e na lógica da proposta pedagógica dos cursos, tanto no nível global quanto nos períodos constituintes e componentes curriculares.

Outro elemento que merece destaque é a atenção ao adequado equilíbrio entre o atendimento às demandas do mercado e a garantia da excelência de formação em termos de rigor acadêmico-científico e atualidade metodológica e tecnológica, no sentido de promover formação e desenvolvimento pessoal e profissional, de fato, transformadores e habilitadores de uma atuação qualificada, criativa, longeva e apta a se reinventar, com impacto na inovação e competitividade.

As oportunidades são diversas, as partilhas de experiências de destacadas instituições de ensino superior apresentam grande riqueza de soluções e aprendizados no caminho do aprimoramento do ensino de Engenharia e da mudança de mentalidade do conteudismo às competências e de currículos estáticos para programas orgânicos, com capacidade e velocidade de resposta diante das mudanças de cenário que se impõem. São alguns dos caminhos para que se possa preparar, na excelência, as gerações que construirão, com autonomia, propósito, adaptabilidade e originalidade, um auspicioso amanhã.[16]

16 Agradecimento: ao engenheiro e executivo Ingo Plöger, pela liderança exercida no Grupo Orientador de Inovação e pela dedicação na mentoria do Projeto de Inovação da FEI.



CAPÍTULO 8

A TRANS-FORMAÇÃO DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA NA UNISINOS: FORMANDO HOJE OS ENGENHEIROS DO FUTURO

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha[1]
Mauricio Mancio[2]
Uziel Cavalcanti de Medeiros Quinino[3]
Fernanda Pacheco[3]
Jeferson Ost Patzlaff[3]
Daniel Reis Medeiros[3]
Amanda Gonçalves Kieling[4]
Cristina Kroeff Schmitz Gibk[5]
Cristiane Maria Schnack[6]
Gustavo Severo de Borba[7]
Sandro José Rigo[8]

1 INTRODUÇÃO

Basta olhar ao redor, ou pensar nas diversas atividades do dia a dia, para perceber que o ser humano vive atualmente não mais no ambiente natural, como ao longo da maior parte da evolução, mas, sim, no chamado *ambiente construído*. Um ambiente composto por edificações residenciais, comerciais, hospitais, indústrias, máquinas e equipamentos, sistemas de transporte, saneamento, comunicações, geração e distribuição de energia, gerenciamento de resíduos, entre outros. Um sistema projetado, construído e mantido, em grande parte, por engenheiros das mais diversas especialidades. A vida moderna e sua evolução, assim como o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável da sociedade, dependem da nossa capacidade de desenvolver produtos e soluções em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo. Dependem, em suma, da nossa capacidade de formar mais e melhores engenheiros, responsáveis por dar contornos ao nosso futuro.

1 Coordenação da Graduação Engenharia de Materiais e Engenharia Biomédica.
2 Coordenação do Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil.
3 Coordenação da Graduação de Engenharia Civil.
4 Coordenação da Graduação de Engenharia Ambiental.
5 Coordenadora Pedagógica Curso de Medicina.
6 Gerente de Desenvolvimento de Ensino – Graduação.
7 Diretor do Instituto para Inovação na Educação.
8 Decano da Escola Politécnica.

Infelizmente, apesar de os cursos de graduação em Engenharia no Brasil terem sido ampliados e aprimorados ao longo dos anos, o País, ainda, enfrenta dificuldades para competir no mercado internacional, ocupando uma das últimas posições no *ranking* do número de engenheiros por habitante e apenas o 62º lugar no *ranking* do Índice Global de Inovação (IGI), entre 131 países avaliados.

O projeto de modernização da educação em Engenharia na Unisinos, que dá continuidade há décadas de experiência e avanços feitos ao longo dos anos, foi acelerado recentemente a partir da conjunção de uma série de fatores inter e intrainstitucionais descritos a seguir: i) o desenvolvimento do novo Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) para o período 2019-2023, com seus objetivos e direcionadores estratégicos institucionais; ii) o lançamento do relatório *Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Engenharia*, elaborado em parceria entre a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge), o Conselho Nacional de Educação (CNE) e o Grupo de Trabalho de Engenharia – STEAM da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), movimento coordenado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI)[9] e a homologação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de Engenharia pelo Ministério da Educação;[10] iii) o desenvolvimento e a implantação de um novo modelo de graduação na Unisinos, conhecido como Graduação PRO; iv) a ampliação e a consolidação do Ecossistema de Inovação Unisinos e sua importância para os cursos de Engenharia; e v) a participação no Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG-EUA) em Engenharia, promovido em parceria entre a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Comissão Fulbright e Embaixada dos Estados Unidos no Brasil.

9 Para mais informações, consultar o ***site*** http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/mei/.

10 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528.

Nesse contexto, este capítulo descreve o processo que vem sendo desenvolvido e implantado na Unisinos em busca da trans-formação[11] da educação tradicional em Engenharia, a fim de formar engenheiros capazes de responder às demandas da sociedade e competir em nível global, com base nas melhores práticas internacionais.

Nas próximas seções, apresentam-se, em maior detalhe, os elementos que compõem esse processo.

2 VISÃO INSTITUCIONAL

Em 2019, ano do seu 50º aniversário como universidade, a Unisinos apresentou o seu novo Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), intitulado *Unisinos: Missão e Perspectivas 2019-2023*, resultado de ampla participação de professores e funcionários nas diversas etapas de desenvolvimento do Planejamento Estratégico da instituição, bem como na elaboração das diretrizes e políticas institucionais. Os valores institucionais expressos no PDI da Unisinos, dos quais decorrem sua missão, visão e credo, seus objetivos e direcionadores estratégicos, ressaltam o compromisso da instituição com a formação integral e o desenvolvimento da sociedade.

Conforme o PDI, a Unisinos cumpre sua *missão*, ao ministrar o ensino de qualidade por toda a vida, centrado na construção transdisciplinar do conhecimento e apoiado na investigação científica e tecnológica, em sintonia com a cultura e as necessidades da comunidade e articulado com o desenvolvimento regional e as redes de cooperação nacionais e internacionais. A *visão institucional* configura a atuação da Unisinos no esforço de tornar-se uma universidade de classe mundial, reconhecida como centro de excelência em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

Entre os objetivos permanentes apresentados no PDI, destacam-se a excelência acadêmica, a pesquisa, as parcerias e intercâmbios e a perspectiva global, entre outros – objetivos diretamente relacionados ao Projeto Institucional de Modernização (PIM) descrito neste capítulo. A partir dos seus objetivos permanentes, a instituição traçou seus objetivos estratégicos para o período 2019-2023, com destaque para a transformação digital da universidade e o fortalecimento da conectividade do Sistema Unisinos de Ciência, Tecnologia e Inovação, descrito no item 5 deste capítulo.

11 O prefixo ***trans***, que remete a "***beyond***" ou "além" – assim como em ***trans***continental, ***trans***cender ou ***trans***disciplinar – expressa bem o objetivo de ***trans-formar*** a educação tradicional em Engenharia, ou seja, "ir além" da formação tradicional, ***mudar a forma de formar*** nossos futuros engenheiros, com base em novas exigências e a partir de metodologias modernas de ensino e aprendizagem.

Ainda, a Unisinos definiu como projeto prioritário a reformulação do modelo dos seus cursos de Engenharia, com foco na personalização do percurso formativo do aluno e no aprofundamento das vivências no ecossistema Unisinos, por meio de práticas curriculares mais próximas aos desafios das profissões, de modo que integre ensino, pesquisa e extensão.

O novo modelo de currículo foi concebido durante o ano de 2018, de forma institucional, envolvendo diversos atores, como gerentes e diretores das unidades acadêmicas e de apoio, decanos das escolas e integrantes da Reitoria, equipe técnica, com o levantamento de dados contextuais; professores e especialistas, participantes de *workshops* de cocriação; comissões dos cursos envolvidos responsáveis pelos ajustes específicos de cada curso; e equipes de apoio.

A metodologia foi dividida em metaprojetual, diagnosticando e propondo os cenários futuros e projetual, gerando ideias de solução. O projeto foi guiado por um grupo gestor junto à Reitoria, responsável por conduzir a metodologia e fazer a articulação com diferentes atores e áreas. Em síntese, para a etapa projetual, foram definidas as seguintes questões:

1) Como oferecer experiências de aprendizagem que desenvolvam o egresso desenhado no perfil de cada curso, que contempla competências comuns a todos os cursos da Unisinos, competências comuns aos cursos de cada escola e competências específicas dos cursos de graduação?
2) Como tornar os primeiros semestres mais atrativos para o aluno ingressante?
3) Como explorar os diferentes níveis de ensino na entrega de valor?
4) Como o ecossistema da Unisinos pode oferecer mais valor à formação do aluno de graduação?

Durante a etapa projetual, o modelo da nova trajetória acadêmica foi desenhado e testado com os usuários, o que permitiu que o grupo envolvido priorizasse os atributos de valor que mais tinham atratividade para o público e gerassem aprimoramentos no conceito proposto.

Criou-se um novo modelo de cursos de Engenharia em um esforço conjunto e simultâneo, a partir dos direcionadores:

- Aprofundamento das competências transversais do aluno.
- Possibilidade de personalização do percurso formativo do aluno.
- Ampliação das vivências práticas da área escolhida.
- Incremento da conexão com a atuação profissional.

O esforço e o envolvimento institucional para a criação de um novo modelo de bacharelado que contemple os direcionadores acima são fundamentais, uma vez que diferentes áreas da universidade precisam estar alinhadas a essa nova perspectiva, considerando infraestrutura de ensino, formação docente, atendimento ao aluno, relação entre níveis acadêmicos, parque tecnológico, institutos tecnológicos e empresas.

3 NOVAS DCNs

Os desafios da atualidade exigiram a modernização do ensino de Engenharia e, no Brasil, a partir das iniciativas das empresas e do governo, as escolas de Engenharia foram impulsionadas a recorrer às ferramentas tecnológicas e a investir na formação dos novos profissionais, conciliando as competências técnicas inerentes à formação específica, as habilidades comportamentais exigidas por um mercado contemporâneo e abordagens que enriqueçam a autonomia e o protagonismo dos egressos. Ao considerar o ritmo já adotado por diversas instituições internacionais, os projetos pedagógicos dos cursos de Engenharia do Brasil precisaram ser revistos e, agora, são concebidos e postos em prática, acompanhando as movimentações de instituições internacionais, as tendências e os desafios da profissão, bem como a demanda de melhoramentos no ensino pronunciada pelas entidades nacionais vinculadas às indústrias. Inevitavelmente, as instituições de ensino – a exemplo da Unisinos – sentiram-se na obrigação de rever os conteúdos, revisar as metodologias de ensino, planejar estratégias inovadoras para o processo de ensino-aprendizagem, oferecer oportunidades diferenciadas para, não apenas, ir ao encontro desse cenário, com a adequação dos currículos, tornando-os próximos das necessidades do mercado, mas também de corresponder ao estímulo dado pelo Ministério da Educação (MEC) quando da proposição/atualização das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o Curso de Graduação em Engenharia.

Nesse processo, cabe dar destaque à relevante inquietação das entidades representativas do Sistema Indústria – a exemplo da CNI,[12,13] do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), do Serviço Social da Indústria (SESI), etc. – como uma evidência dessa carência de evolução na formação dos profissionais de Engenharia. Facilitadas pelas articulações e mediações estabelecidas com a Abenge, as instituições representativas da academia têm sido fortemente mobilizadas para propor e implementar alternativas em prol dessa modernização da educação no País e, de fato, contribuir para a formação de profissionais capazes de propor soluções aos desafios sociais, atender às necessidades do mercado,

12 CNI. **A MEI e o desafio da inovação no Brasil**: um balanço de dez anos de avanço. Brasília: CNI, 2018.

13 CNI. **Destaques de inovação:** recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil. Brasília: CNI, 2018.

bem como intensificar a cooperação entre a academia e a indústria e a ampliar a internacionalização promovida entre as universidades.[14]

Para contribuir com a formação mais adequada às diferentes realidades, as inovações nas DCNs[15] voltadas aos cursos de graduação em Engenharia são a base da atualização e das melhorias nos projetos pedagógicos dos cursos de Engenharia no País.

As atuais estruturas curriculares dos cursos de Engenharia da Unisinos – reformuladas dentro do projeto da Graduação PRO, descrito no item seguinte – estão alinhadas às novas exigências estabelecidas pelas atuais DCNs, cuja organização está voltada ao desenvolvimento e avaliação de competências, articulando a teoria e a prática para que se aproximem da real aplicação, da inovação e do empreendedorismo, por adoção contínua de metodologias ativas. A saber, tal concepção de currículo está fundamentada na política institucional e atende às Diretrizes Curriculares Gerais dos Cursos de Engenharia, em especial à Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019,[16] do Conselho Nacional de Educação, inserindo o acadêmico no contexto de necessidades da sociedade atual.

Assim, o projeto pedagógico dos cursos visa contemplar a formação integral do engenheiro, com ações desde a etapa de ingresso dos mais diferentes alunos até o acompanhamento dos egressos com perfil bem abrangente (liderança global, empreendedorismo, formação cultural, desenvolvimento sustentável e responsabilidade social). Ao longo dessa trajetória, há uma preocupação em prover o suporte psicopedagógico e social (acolhimento e nivelamento dos alunos ingressantes, de modo a contribuir com a permanência deles na universidade e com uma trajetória bem-sucedida de aprendizagem), oferecer ambientes apropriados e adaptados para as práticas de aprendizagem, por meio das instalações das salas de aula, laboratórios temáticos, parques tecnológicos, etc., com o objetivo de despertar as suas habilidades – básicas, profissionais e específicas. Em complementação, desde as etapas iniciais, o aluno é incentivado a realizar estágios, participar de eventos técnicos, assumir compromissos junto aos diversos projetos de pesquisa, extensão e inovação promovidos pelos programas de pós-graduação. Além disso, é encorajado a aproveitar as oportunidades criadas por meio da colaboração em prestação de serviço nos institutos tecnológicos da instituição, bem como a se envolver com tarefas que fomentem e fortaleçam as parcerias com as empresas da região. Assim, além de alavancar a inovação e empreendedorismo esperado para o acadêmico, tem-se o cumprimento das recomendações das novas DCNs.

14 GRAHAM, R. **The global state of the art in engineering education**. Cambridge, MA: MIT, School of Engineering, 2018.

15 BRASIL, 2019.

16 Idem.

É importante salientar que fazem parte dessas ações previstas no projeto pedagógico dos cursos as intervenções direcionadas à qualificação dos professores mediante inúmeras e diversificadas capacitações, tendo em vista a demanda por metodologias ativas de aprendizagem, a elaboração de dinâmicas com atenção orientada às habilidades e ao domínio de conteúdo do egresso e o emprego dos recursos tecnológicos.

A proposta de transformação da estrutura curricular da Graduação PRO busca agrupar, por meio de suas ações de melhoria contínua, o desenvolvimento e a realização de estratégias para garantir a qualidade do ensino, visando ao cumprimento das recomendações previstas nas DCNs e, ao mesmo tempo, ao atendimento ao que é preconizado na missão da Unisinos.

4 GRADUAÇÃO PRO

Atenta à realidade do mercado, buscando a melhoria contínua do processo de formação dos alunos, a Unisinos, no seu planejamento estratégico, definiu como um dos projetos prioritários a reformulação de seus cursos de Engenharia. Essa reestruturação buscou maior personalização do curso de graduação para o aluno e o aprofundamento das experiências no ecossistema Unisinos, por meio de práticas curriculares mais próximas aos desafios do trabalho, de forma a integrar ensino, pesquisa e extensão.

Nesse contexto, o projeto curricular do Curso de Engenharia Civil – foco inicial do PIM, conforme descrito no item 6 – busca a formação de profissionais capazes de mobilizar competências para agir em contextos atuais e futuros, na resolução de problemas locais e globais, criando soluções inovadoras e replicáveis, por meio de um modo de ser engenheiro comprometido com a melhoria, tanto da qualidade de vida, quanto do ambiente no qual o profissional estará inserido.

Atualmente, as horas curriculares são distribuídas ao longo de 10 semestres e promovem uma formação sólida e comprometida com a comunidade local; porém, a trajetória curricular necessita ser projetada para atender aos desafios da formação do engenheiro do futuro. Nesse sentido, foram propostas as seguintes ações:

- *Aprofundamento das competências transversais*: em resposta à necessidade de ampliar a conexão profissional com diferentes contextos sociais e, principalmente, a capacidade de atuação em redes colaborativas locais e globais.

- *Personalização do percurso formativo*: acesso a mentorias permanentes que contribuem para a tomada de decisões ao longo do curso. O novo modelo propõe que o estudante personalize sua trajetória acadêmica de acordo com seus interesses, escolhendo uma trilha de formação. Ao longo dessa trilha, poderá desenvolver, de forma mais específica, suas aptidões e os conhecimentos na sua área de interesse.
- *Ampliação das vivências práticas na área escolhida*: promoção de uma sólida formação nos fundamentos da área, com uma base estruturada para progressões das competências, que evoluem para um nível de aplicação a partir do segundo ano do curso. No novo modelo, o aluno é introduzido no mercado, tendo acesso, desde o início da formação, ao ambiente transdisciplinar e múltiplo do Parque Tecnológico, dos Institutos Tecnológicos da Unisinos, além de outras empresas parceiras. Ao desenvolver projetos inter e transdisciplinares por meio das atividades de seu curso que serão compartilhadas entre cursos de Engenharias afins, o aluno pode conviver com estudantes com diferentes formações.

Como exemplo das ações de ampliação de vivências no curso de Engenharia Civil, tem-se a visitação em obras de construção civil, tais como edificações, obras de infraestrutura, pavimentação, entre outros. Além disso, em diversas atividades acadêmicas, tem-se a realização de ensaios, práticas de laboratórios, interações com pares internacionais, entre outros.

A partir dessas e de outras ações, os cursos devem proporcionar:

1) *Formação sólida*: formação completa às competências da profissão, que também possam desenvolver competências essenciais e atualizadas ao contexto das Engenharias do futuro.
2) *Flexibilização da mudança de trajetória*: possibilidade de aproveitamento da maioria das atividades acadêmicas do primeiro semestre, para flexibilizar a movimentação de alunos que queiram trocar de curso entre os currículos das Engenharias.
3) *Vivências práticas do profissional do século XXI*: com atividades acadêmicas voltadas à prática e ao foco no contexto profissional, o aluno desenvolve competências essenciais identificadas aos profissionais do futuro.
4) *Vivências práticas desde o início*: já no primeiro semestre, o curso oferece atividades que proporcionam ao aluno a vivência em atividades relacionadas à profissão escolhida.
5) *Trilhas de formação e ressignificação do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)*: no último ano de formação, possibilidade de escolher um caminho que fará a conexão com o seu futuro profissional.

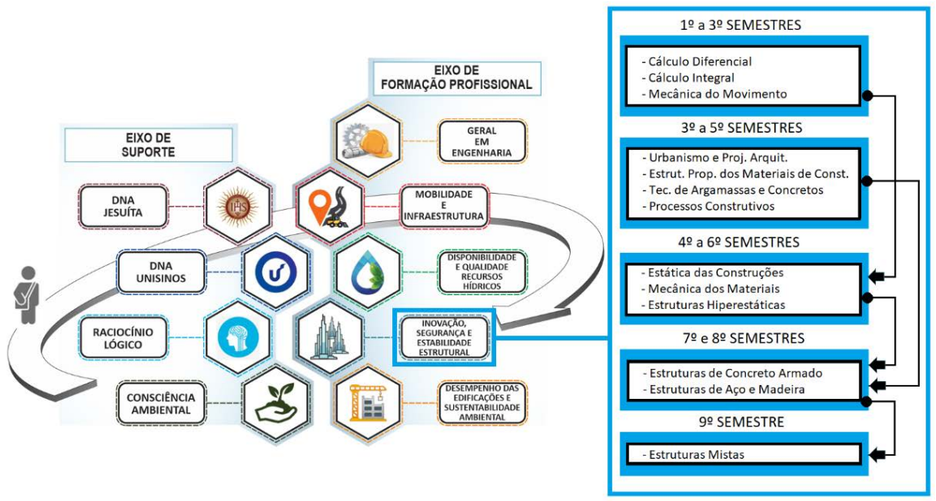
6) *Certificações progressivas*: permitem que os conhecimentos adquiridos sejam formalizados servindo de meio de acesso ao mercado.
7) *Metodologias ativas e projetuais*: uso de metodologias ativas e aprendizado em diferentes ambientes universitários, tendo por base problemas reais trazidos da indústria.
8) *Mentoria*: acompanhamento de um mentor durante a formação do aluno, para conectar seus propósitos pessoais e profissionais.

Destacam-se, ainda, no projeto curricular, as *atividades articuladoras,* que são atividades acadêmicas de caráter obrigatório e desenvolvidas em período semestral, ao longo do curso. Por sua vez, integram as atividades acadêmicas, contribuindo para o desenvolvimento de aprendizagens numa perspectiva interdisciplinar e incorporam os conhecimentos de diferentes atividades acadêmicas em uma mesma linha formativa. Por meio dessas atividades, ao longo do curso, os alunos, orientados por professores articuladores, desenvolvem projetos cuja complexidade se amplia à medida em que os alunos avançam em relação ao desenvolvimento de competências no curso e mobilizam os conhecimentos de diferentes áreas para solucionar problemas reais e projetados no futuro.

Como exemplo de atividades articuladoras no Curso de Graduação em Engenharia Civil, vale mencionar as atividades acadêmicas voltadas ao projeto, ao dimensionamento e à execução dos sistemas estruturais (estruturas mistas). Nessa trajetória, o aluno percorre uma sequência de atividades acadêmicas, ao longo dos semestres, destinadas a fornecer a abordagem adequada dos conteúdos fundamentais (cálculo diferencial; cálculo integral; mecânica do movimento) e/ou de aprendizagem (estática das construções; mecânica dos materiais, estruturas hiperestáticas), promover o aprimoramento das habilidades indispensáveis para a atividade prática (estrutura e propriedade dos materiais de construção civil; tecnologia de argamassas e concretos; processos

construtivos; urbanismo e projeto arquitetônico), bem como viabilizar o desenvolvimento das competências (estruturas de concreto armado, estruturas de aço e madeira) inerentes à linha formativa de inovação, segurança e estabilidade estrutural.

FIGURA 1 – Exemplo de atividade articuladora – linha formativa de inovação segurança e estabilidade estrutura



Fonte: elaboração própria.

5 ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO UNISINOS

O Sistema Unisinos de Ciência, Tecnologia e Inovação é composto por uma variada rede de recursos para facilitar a geração de conhecimento, o desenvolvimento tecnológico e os processos de inovação de maneira colaborativa e consistente.

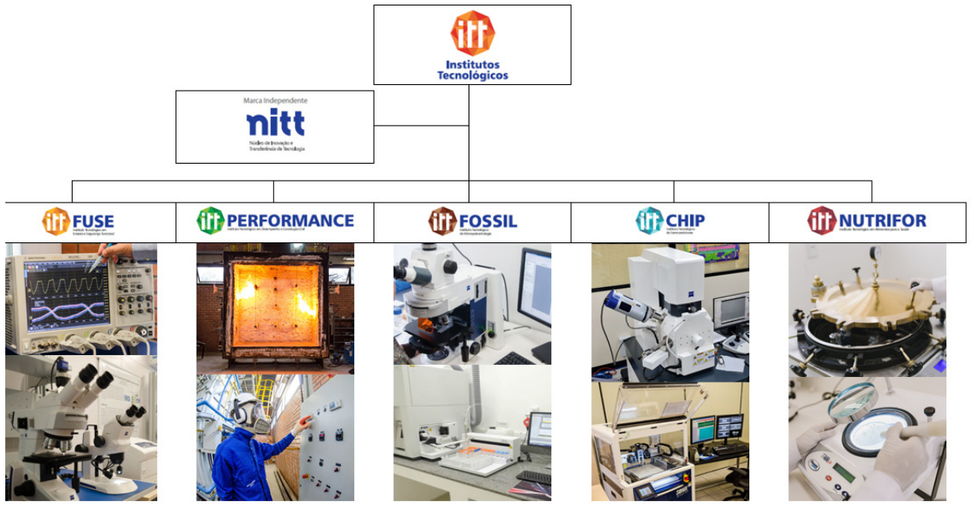
Como aliados da relação universidade-empresa, a Unisinos possui cinco Institutos Tecnológicos (ITTs), o Portal de Inovação (incubadora de projetos) e o Complexo Tecnológico Unitec (incubadora de empresas). A participação na governança do Tecnosinos, parque tecnológico anexo à universidade, permite a interação de professores e alunos com as 105 empresas de base tecnológica, sediadas na região de São Leopoldo.

Os Institutos Tecnológicos da Unisinos reforçam o foco estratégico da instituição na prestação de serviços e no atendimento de necessidades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) de empresas e organizações, além da formação de quadros técnicos altamente especializados. Apesar de seu foco na prestação de serviços ao mercado, os ITTs têm sua infraestrutura acessível aos alunos de graduação e de pós-graduação, o que

proporciona a realização de pesquisa aplicada e de alto impacto nos diferentes níveis acadêmicos.

Os cinco ITTs da Unisinos podem ser visualizados na figura 2. São eles: ITT Performance – Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil; ITT Chip – Instituto Tecnológico de Semicondutores; ITT Fuse – Instituto Tecnológico em Ensaios e Segurança Funcional; ITT Nutrifor – Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde; e ITT Fossil – Instituto Tecnológico de Micropaleontologia.

FIGURA 2 – Institutos Tecnológicos – Unisinos



Fonte: Institutos Tecnológicos. Disponível em: http://www.unisinos.br/itt/.

Os Institutos Tecnológicos são amparados pelo Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia (NITT) Unisinos e atuam como parceiros de empresas e organizações, contribuindo para a competitividade e sustentabilidade do estado e do País. Dentro do âmbito de transferência de tecnologia, o NITT Unisinos tem por finalidade orientar e apoiar ações de inovação tecnológica, auxiliando pesquisadores e demais atores em depósito e registros de propriedade intelectual e captação de recursos por meio da transferência de propriedade intelectual e tecnologia.

A Unisinos conta também com o Portal da Inovação como parte da estratégia institucional de promoção da PD&I. Com o objetivo de reforçar a interação entre universidade, empresas, governo e sociedade, o espaço se propõe a estimular uma conexão efetiva e a desenvolver inovações tecnológicas. Trata-se de um ambiente transformador que, para dar suporte a essas relações, integra diferentes práticas colaborativas em redes de inovação.

O Portal da Inovação conta com equipe para captação de projetos, por meio do contato com empresas e participação em editais de agências de fomento. O ambiente físico tem o uso compartilhado entre todos os agentes do ecossistema da universidade. O Portal da Inovação, localizado junto aos institutos tecnológicos e ao parque tecnológico da universidade, aproxima os diferentes grupos de excelência da universidade com agências de fomento, editais de pesquisa e oportunidades de desenvolvimento de pesquisa multidisciplinar, unindo diferentes programas de pós-graduação, por exemplo. O Complexo Tecnológico Unitec é a unidade de negócios da Unisinos, que estimula, planeja e realiza inovações tecnológicas, fomentando o conhecimento gerado na universidade e integrando-o com as empresas, por meio de pesquisa aplicada. Atuando na gestão executiva do Tecnosinos,[17] o Complexo Tecnológico Unitec também tem, entre suas responsabilidades, a atração e a implementação de investimentos. Anualmente, são realizadas diversas atividades, desde eventos para *startups* até palestras, *workshops*, mentorias, treinamento de *pitch,* orientações de *marketing* e acompanhamento da evolução mensal das *startups*.

FIGURA 3 – Conceito do Portal de Inovação – Unisinos.



Fonte: Portal de Inovação. Disponível em: http://www.unisinos.br/portal-de-inovacao/.

17 Para mais informações, consultar o ***site*** https://www.tecnosinos.com.br. Acesso em: 7 fev. 2021.

O complexo tecnológico citado tem grande interação com os cursos de graduação. Por exemplo, existem *construtechs* incubadas, empresas de tecnologia relacionada com a construção civil, que desenvolvem soluções aplicadas de engenharia, envolvendo *hub* de projetos, vinculados aos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, contando com alunos como estagiários e funcionários.

Somam-se a esse ecossistema sólidos e conceituados Programas de Pós-Graduação. A Unisinos conta hoje com 26 programas de pós-graduação *stricto sensu*, com 19 mestrados acadêmicos, 19 doutorados, 7 mestrados profissionais e 1 doutorado profissional, distribuídos nas suas seis escolas: Humanidades, Saúde, Indústria Criativa, Comunicação e Linguagens, Gestão e Negócios, Direito e Politécnica – o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) insere-se nessa última.

O PPGEC, envolvido diretamente na proposta e implementação do PIM da educação em Engenharia – focando principalmente na aproximação graduação-pós-graduação, pesquisa aplicada e na trajetória formativa continuada dos alunos, além da formação de novos docentes na área –, completa em breve 15 anos de existência, com mais de 200 egressos, entre mestres e doutores em Engenharia Civil.

O enfoque em pós-graduação conta ainda com 57 cursos de especialização *lato sensu*. Destacam-se, por exemplo, os cursos de especialização em Patologia e Perícia das Edificações, Construção Civil: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade e Desempenho das Edificações, com mais de 10 anos de atuação e inúmeras missões técnicas realizadas internacionalmente, além do curso de especialização em Segurança do Trabalho, referência na região e de grande demanda por egressos e público em geral.

6 PROJETO INSTITUCIONAL DE MODERNIZAÇÃO E PARCERIAS INTERNACIONAIS

No contexto de planejamento da universidade e na reformulação dos currículos da graduação, conforme descrito anteriormente, um grupo de professores da Unisinos, em conjunto com a Unidade Acadêmica de Graduação, elaborou o Projeto Institucional de Modernização (PIM), focando inicialmente no curso de Engenharia Civil e em parceria com a Engenharia Ambiental, tendo por objetivo geral *implementar um novo modelo de graduação flexível e personalizado, que extrapola a visão disciplinar e os limites da sala de aula, em uma trajetória formativa continuada e integrada à realidade*. O PIM está inserido no âmbito do Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG-EUA) em Engenharia, promovido em parceria entre Capes, Comissão Fulbright e Embaixada dos EUA no Brasil.

A estrutura curricular proposta articula teoria e prática por meio de Projetos Orientados (PO), com enfoque na solução de problemas de Engenharia. Esse modelo objetiva promover a articulação de competências por meio de construções individuais e coletivas que identifiquem o aluno com seu percurso formativo e com sua atuação profissional. Nessas atividades, os alunos utilizam, entre outros espaços, os laboratórios da Unisinos e têm a possibilidade de engajar-se com atividades práticas.

Com maior carga horária prática, 20 atividades acadêmicas específicas do curso são ofertadas em sistema 60 horas + 30 horas de projeto orientado, totalizando assim 600 horas de PO. Somando as disciplinas optativas da trilha escolhida, projeto aplicado (de conclusão do curso), estágios e atividades complementares, além das disciplinas específicas de projeto, o curso soma mais de 1.800 horas de projeto orientado e atividades mais personalizadas.

Considerando que o Projeto Institucional de Modernização submetido está fortemente alicerçado no currículo construído, seus objetivos específicos estão também vinculados à concretização desse currículo, sendo estes:

1) Ampliar a parceria com empresas do setor produtivo, aproximando também as práticas de sala de aula aos institutos tecnológicos.
2) Criar um espaço de integração de projetos que incentivem a geração de ideias, a proposição de solução a problemas e de ações empreendedoras.
3) Desenvolver um ambiente virtual que permita a construção e o acompanhamento individualizado do portfólio de cada aluno.
4) Fortalecer e ampliar as relações com instituições americanas para intercâmbio de alunos e professores, além de implementar a dupla titulação.
5) Gerenciar a implementação do novo currículo, a fim de garantir o desenvolvimento das competências necessárias para atuação do egresso em um contexto profissional em constante transformação.

O projeto teve início em 2019 e tem duração de oito anos, nos quais serão contemplados aprimoramento de aspectos do currículo, espaços formativos, metodologias e formação de professores, e relacionamento externo.

Nesse contexto, a internacionalização na Unisinos é compreendida não apenas como vivência no exterior, mas também como ambiência internacional dentro de variados espaços no contexto nacional, entre eles, a própria universidade, por meio da inserção em redes globais de ensino, pesquisa, estágios voluntários e de aprendizado de línguas adicionais, do desenvolvimento de atividades acadêmicas em língua estrangeira e de outras formas. Para os alunos que optam por desenvolver experiências de internacionalização em seu ambiente de origem, o percurso na trilha internacionalização constitui-se de uma atividade acadêmica em língua estrangeira, de acordo com portfólio ofertado pela universidade.

O trabalho aplicado de final de curso deverá tratar de temática da área do curso do aluno com um viés internacional.

Nesse sentido, o PIM da Unisinos, no contexto do projeto PMG-EUA, favorece a consolidação dessa trilha de internacionalização do currículo, visto que estão sendo realizadas uma série de missões de trabalho de professores da Unisinos para o desenvolvimento de atividades de cooperação em ensino de Engenharia nos Estados Unidos. Do mesmo modo, professores atuantes na área de ensino de Engenharia nos EUA têm vindo ao Brasil para conduzir cursos, treinamentos, palestras e seminários, em visitas técnicas.

Em 2019, primeiro ano de implementação do projeto, foram realizadas missões, em diversas universidades americanas (das quais participaram cinco professores e dois alunos de doutorado da Unisinos) e visitas feitas pelos professores americanos ao Brasil. As universidades visitadas nos Estados Unidos foram: University of California/Berkeley, Stanford University, Santa Clara University, University of Pittsburgh e University of Cincinnati, Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Olin College, Rice University, University of Notre Dame, University of Illinois, Purdue University e University of Texas – Austin, onde ocorreu um encontro com representantes de universidades participantes do University of Texas System, que é formado por oito universidades e seis instituições da área da saúde. Participaram desse encontro os representantes das seguintes instituições: UT Austin, UT Arlington, UT Dallas, UT El Paso e UT San Antonio. Essas interações ocorreram por meio do Study Tour promovido pela Comissão Fulbright e de missões específicas do PIM Unisinos. Ainda em 2019, em parceria com o PIM da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Unisinos recebeu as visitas dos professores Luis Rabelo, da University of Central Florida, e Katie Basinger, da University of Florida.

No início de 2020, a Unisinos recebeu a professora Mary Besterfield-Sacre, diretora do Engineering Education Research Center e *associate dean* da Universidade de Pittsburgh (EUA), durante duas semanas de intensas atividades, e promoveu também uma série de capacitações ao longo do ano, das quais professores da Unisinos e de universidades parcerias puderam participar, incluindo uma *keynote lecture* do professor Terry Johnson, diretor do Center for Teaching and Learning (CTL) da Universidade da Califórnia em Berkeley (EUA), e o curso Content and Language Integrated Learning (CLIL), ministrado pela professora Kristen Lindahl, da Universidade do Texas, San Antonio (EUA).

Em 2021, a professora Mary Besterfiel-Sacre e o professor David Sanchez, da Swanson School of Engineering da Universidade de Pittsburgh, participaram do evento de capacitação docente semestral da Unisinos, a fim de compartilhar a experiência da implementação do modelo híbrido no ensino de graduação em Engenharia na universidade de Pittsburgh.

Cabe salientar que, entre as universidades visitadas pelos professores da Unisinos até o momento, estão incluídas as três *best engineering schools* dos Estados Unidos (MIT, Stanford e UC Berkeley) e as quatro *best universities in the world* (Harvard, MIT, Stanford e UC Berkeley), segundo o mais recente *ranking* organizado pelo *US News & World Report*. Na área de Engenharia Civil e Ambiental, foco inicial do PIM da Unisinos, a UC Berkeley lidera esse mesmo *ranking* há quase 20 anos.

Algumas das ações de incremento de parcerias com instituições americanas estão em andamento. Entre elas, é possível destacar a oficialização da parceria com a Universidade de Pittsburgh, por meio de assinatura do termo de parceria, e da renovação do termo de parceria com a UC Berkeley. Aqui convém pontuar que alunos da Universidade de Pittsburgh participaram do evento *Moving the Cities 2020*. Esse evento ocorre anualmente em São Leopoldo e é organizado pela Escola Politécnica em parceria com Tecnosinos e UAS7, tendo como principal apoiador a empresa SAP. Em 2020, o evento fez parte de uma das atividades acadêmicas da Trilha de Empreendedorismo da Unisinos e foi uma opção de *Study Abroad* para os alunos da universidade de Pittsburgh. A edição do *Moving the Cities 2020* ocorreu completamente no formato digital, com a participação de instituições do Brasil, do Chile, da Colômbia, dos Estados Unidos, da Alemanha e da Inglaterra. Foram 135 alunos, organizados em 28 times multidisciplinares e internacionais que trabalharam em soluções conjuntas para desafios globais e contaram com mais de 50 *coaches* e mentores de todo o mundo. As três melhores soluções foram premiadas pelas empresas parceiras e os alunos foram auxiliados e encorajados a participarem de estágios on-line nos diferentes países.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por profissionais flexíveis, colaborativos, capazes de solucionar problemas em contextos variados e de modo interdisciplinar, em times das mais variadas origens, é cada vez mais evidente. Essa demanda reflete-se, conforme já referido, nas exigências impostas pelas DCNs dos cursos de Engenharia aos novos currículos na área; igualmente, reflete-se nos pedidos sistemáticos do setor produtivo por egressos de cursos de Engenharia melhor preparados para trabalhar proativamente e agir adequadamente diante dos complexos contextos em que se inserem. Ou seja, não se adequa ao profissional do presente e do futuro a imagem de alguém que responde a estímulos de modo automático e não tem criatividade nem espírito de equipe.

Em resposta a essa realidade, e em linha com o PDI da Unisinos, organizaram-se novos currículos para os cursos de Engenharia que pudessem ser modelares na oferta de experiências aos alunos e que refletissem, na própria matriz curricular, assim como nas escolhas metodológicas e estratégicas, valores e competências a serem internalizadas por meio da vivência por parte dos egressos.

Assim, para que se constituam profissionais flexíveis, é importante que lhes sejam oferecidas oportunidades de escolha, por exemplo, por meio das trilhas de formação, que são evidência de flexibilidade curricular e, ao mesmo tempo, modelam ao aluno a importância dessa competência transversal, além de permitirem ao aluno ir construindo sua trajetória acadêmica e profissional. Também se modela flexibilidade pela possibilidade de escolha dos projetos em que o aluno deseja se engajar, ou pela possibilidade de errar na construção do conhecimento.

Igualmente, a formação de egressos capazes de resolver problemas complexos se institui a cada aula em que, por meio de metodologias ativas, sejam oferecidas aos alunos situações para as quais precisem deliberar soluções. A complexidade dos problemas cresce, à medida que o aluno avança no curso, e a integração com empresas e com os ITTs e PPGs, por exemplo, traz ao aluno, já acostumado a discutir, participar e deliberar, a possibilidade adicional de explorar e conhecer contextos e problemas para planejar, implementar, testar e avaliar soluções, incrementando sua capacidade de resolução de problemas.

Na esteira dessa competência e inescapavelmente ligada a ela, desenvolve-se a fundamental habilidade de colaborar. Alunos expostos à possibilidade de discutir e negociar nos espaços pedagógicos tornam-se profissionais aptos a lidar com opiniões divergentes,

a expor seus pontos de vista, lidando com o conflito, e a buscar soluções construtivamente, em um espaço colaborativo.

Ainda, a possibilidade de participar em projetos como o *Moving the Cities*, por exemplo, lhes dá a dimensão e o valor do trabalho em times multidisciplinares e internacionais, assim como promove a internacionalização em casa, e o progresso do conhecimento científico e tecnológico.

Os desafios para a concretização desse currículo e a formação dos engenheiros do futuro, contudo, são inúmeros e precisam ser enfrentados um a um. Um exemplo é a capacitação contínua de professores para o trabalho com metodologias ativas, desde as atividades acadêmicas mais fundantes do curso, até aquelas em que a aplicação dos conhecimentos parece mais natural. Outro desafio encontra-se na ampliação da integração da academia com o setor produtivo, de maneira que esse último possa enxergar o potencial de inovação e qualificação de seus produtos, serviços e processos a partir de projetos gestados em parceria com alunos e orientadores da universidade – ou seja, buscar permanentemente a implementação e avaliação das competências curriculares para garantir a aprendizagem eficaz.

Em face desses desafios, a parceria com a Capes e a Fulbright, por meio do projeto PIM, oferece um espaço promissor de aprendizagem e desenvolvimento de *expertise*, assim como a interlocução com a Formação Docente da Universidade, com parceiros como a Embaixada Americana, as demais instituições participantes do PMG e o próprio Ecossistema de Inovação da universidade.

Em suma, a trans-formação da formação em Engenharia, além de uma mudança curricular, exige incondicionalmente a transformação dos formadores e do contexto de aprendizagem, num movimento sinérgico e, deseja-se, produtivo de um futuro mais promissor para os profissionais formados, empresas e sociedade em geral.



CAPÍTULO 9

A EXPERIÊNCIA DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG: CONSTRUINDO A ESCOLA DE ENGENHARIA QUE SE DESEJA TER

Alessandro Fernandes Moreira[1]

1 INTRODUÇÃO

A Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EEUFMG) vem buscando a atualização dos projetos pedagógicos dos seus cursos de graduação desde a implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) em 2002. Desde as primeiras DCNs em 2002 até as recém-implantadas DCNs em 2019, a EEUFMG viveu várias fases. Ao longo deste período, os cursos oferecidos pela EEUFMG avançaram de forma diversificada; alguns cursos alinharam-se de forma mais dinâmica ao que se pretendia nas DCNs, outros agregaram as inovações curriculares de forma mais periférica e com pouco impacto na estrutura central de suas propostas pedagógicas.

A EEUFMG é uma instituição centenária, fundada em 1911[2] e tem sua sede instalada no *campus* Pampulha da UFMG, com uma área aproximada de 65.000 m^2. A comunidade acadêmica é formada atualmente por cerca de 330 professores, 160 técnicos-administrativos em educação e mais de 8.000 alunos (cursos de extensão, graduação, especialização, mestrado e doutorado). A estrutura administrativa é constituída por uma Diretoria e por 13 departamentos e a estrutura acadêmica é composta por 11 colegiados de cursos de graduação (sendo 13 ofertas de cursos em 11 diferentes modalidades), 10 colegiados de Programas de Pós-Graduação *stricto sensu*, 11 cursos de especialização e um curso de extensão (Curso Intensivo de Preparação de Mão de Obra Industrial – CIPMOI). A EEUFMG já formou mais de 38.000 especialistas em diversos níveis, sendo mais de 23.000 engenheiros, 4.000 mestres e doutores, 4.000 especialistas e 6.000 trabalhadores em mão de obra industrial.

1 Vice-reitor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

2 Disponível em: https://www.eng.ufmg.br/portal/aescola/historico/. Acesso em: 7 fev. 2021.

As ações de mudanças curriculares da EEUFMG iniciaram-se com a implantação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)[3] e com a participação ativa de seu corpo docente nos movimentos de transformação do ensino de Engenharia e na realização de projetos estruturantes, tais como o Programa de Desenvolvimento das Engenharias (Prodenge). Este programa incorporou contribuições de uma parcela expressiva da comunidade acadêmica, de institutos, universidades e centros de pesquisa e de entidades representativas da engenharia nacional, entre elas a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge). Esta mobilização em prol da transformação do ensino de Engenharia culminou com a criação de dois subprogramas: Reengenharia do Ensino de Engenharia (Reenge) e Redes Cooperativas de Pesquisa (Recope).[4] O esforço do Reenge e do Recope culminou com o estabelecimento das DCNs para as Engenharias em 2002 (Res. CNE/CSE nº 11/2002[5]), que definiram os princípios, os fundamentos, as condições e os procedimentos da formação de engenheiros para o desenvolvimento e avaliação dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia das instituições de ensino superior (IESs) brasileiras. A transformação no ensino de Engenharia ganha novo marco em 2019, quando são instituídas as novas DCNs (Res. CNE/CSE nº 02/2019[6]), um aprimoramento das DCNs de 2002, especialmente na forma de elaboração dos projetos pedagógicos, que deverão ser estruturados por competências e propondo inovações na metodologia de ensino e nos processos de avaliação. Esse aprimoramento é fundamental para definição de novos perfis de egressos, bem como para a criação de novas profissões em Engenharia.

Um amadurecimento na caminhada da EEUFMG no processo de transformação curricular ocorreu em 2011, quando a instituição decidiu refletir como tinha chegado aos 100 anos e como gostaria de estar em seu bicentenário (2111). Pode parecer um tempo longo, mas não é, pois 10% desse período já foi percorrido. É importante ressaltar – e que possa servir de exemplo – que a EEUFMG busca sua sintonia com a sociedade à medida que forma mais do que engenheiras e engenheiros, mas *pessoas que se transformam* em sua trajetória acadêmica dentro da instituição e que se colocam à disposição para tornar uma sociedade mais justa e cidadã, proporcionando o adequado desenvolvimento social e econômico para nossa cidade, nosso estado e nosso País.

Este capítulo apresenta a forma que a EEUFMG respondeu à necessidade de atualização dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação, respeitando sua história centenária, buscando acompanhar o desenvolvimento da ciência e tecnologia na área de Engenharia,

3 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 7 fev. 2021.

4 LONGO, W. P. e. O Programa de Desenvolvimento das Engenharias. **Revista Brasileira de Inovação, Campinas**, 3(2), p. 417-447, 2009.

5 BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CES nº 11/2002**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32.

6 BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução. CNE/CES nº 2**, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528.

e compartilha suas experiências e sua visão. No decorrer deste capítulo, é apresentada a trajetória de transformação curricular da EEUFMG, que está fundamentada em três eixos:

1) O estabelecimento de um ambiente favorável para realização de mudanças educacionais, por intermédio da criação do Programa de Inovação para Educação em Engenharia (Programa ENG200).
2) A criação de um setor para dar sustentação a ações e projetos de mudanças curriculares e inovações pedagógicas, por intermédio da instituição do Centro de Referência para Inovações na Educação em Engenharia (CRIEE) como órgão complementar da EEUFMG.
3) O estabelecimento de normas acadêmicas para implantação de projetos pedagógicos inovadores, a partir do alinhamento institucional com as Normas Gerais de Graduação (NGGs) da UFMG.

São também apresentados vários projetos e ações que têm inspirado a EEUFMG para realizar as modernizações curriculares dos cursos de graduação, entre eles as várias iniciativas estudantis e os projetos acadêmicos, como o *Grand Challenges Scholars Program* da EEUFMG. Na sequência, são compartilhados os principais desafios dos cursos de graduação da EEUFMG e as perspectivas futuras no processo de modernização curricular. Concluindo o capítulo, são apresentadas as premissas definidas pela EEUFMG para mudanças curriculares que permanecem e que definem a *Construção de uma Escola de Engenharia que se deseja Ter!*

2 ESTABELECENDO UM AMBIENTE FAVORÁVEL PARA MUDANÇAS EDUCACIONAIS

Para inserir a EEUFMG na vanguarda do processo de transformação da educação em Engenharia, foi criado em 2012 o Programa de Inovação para Educação em Engenharia (Programa ENG200[7]). Com o intuito de prover um ensino de excelência e condizente com os desafios do novo século, o Programa ENG200 visa às inovações curriculares que possibilitem o desenvolvimento profissional e pessoal ainda maior dos estudantes que passam pela escola, mas sempre respeitado a cultura e as boas iniciativas pedagógicas de cada um de seus cursos. Essa proteção às boas iniciativas pedagógicas representa bem uma das bases do Programa ENG200, a atenção dada à identificação e à compreensão das culturas

7 MOREIRA, A. F. ***et al.*** Práticas Pedagógicas Integradoras e Tecnologias para o Ensino de Engenharia: Programa de Inovação na Educação em Engenharia. In: OLIVEIRA, Vanderli F. ***et al.*** **Desafios da Educação em Engenharia**: Formação em Engenharia, Capacitação Docente, Experiências Metodológicas e Proposições. 1ª ed. Porto Alegre: Ed. Forma Diagramação, 2013. V. 1, p. 215-226.

existentes na EEUFMG, o que permite a realização de ações que estejam alinhadas às necessidades e aos desejos da comunidade acadêmica. O Programa ENG200 objetiva tornar a EEUFMG uma instituição de referência nacional na inovação do ensino de Engenharia, uma instituição renomada pela sua qualidade no ensino, estrutura física e capacidade de formação de profissionais com grande potencial. Além disso, espera-se envolver toda a comunidade acadêmica de forma a tê-la como agente transformador do próprio meio e da sociedade, criando um ambiente favorável às mudanças e inovações curriculares.

O Programa ENG200 consiste em uma série de ações e projetos a serem realizados separadamente, com objetivos próprios e gerenciados por um estudante ou por um grupo de estudantes. Docentes atuam na coordenação geral do programa e também como mentores dos estudantes para execução de ações e projetos. Para facilitar o planejamento e o acompanhamento, essas ações são agrupadas em sete grupos separados em duas frentes, conforme listadas a seguir:

- **Frente A – Formação** – os grupos de ações dessa frente estão relacionados à formação dos alunos, e incluem as melhorias no currículo e na qualidade do ensino:
  - *Atividades complementares*: contêm ações que tratam das atividades acadêmicas de formação complementar, tais como empresas juniores, projetos de desenvolvimento social e econômico, visitas técnicas a empresas, engajamento em competições de engenharia, movimentos estudantis e atividades esportivas.
  - *Ensino*: contém ações que procuram aprimorar o processo de ensino-aprendizagem do aluno e a transmissão de conhecimento por parte do corpo docente.
  - *Matriz curricular*: contém ações que se relacionam com melhorias curriculares, como revisão da distribuição de créditos, flexibilização de currículos e oferta de novas atividades pedagógicas dentre outras.
- **Frente B – Estruturação** – os grupos de ações dessa frente se referem a melhorias na estrutura e na organização da EEUFMG:
  - *Comunicação*: reúne ações que objetivam facilitar e potencializar a transmissão de informações e ideias para a comunidade interna e externa à escola.
  - *Eventos*: abrange ações que tratam da organização de eventos na EEUFMG, tanto para o público interno quanto para o externo, sejam eles eventos com enfoque técnico, cultural, de integração ou de complementação da formação do estudante.

  - *Infraestrutura*: reúne ações que resultarão em melhorias na infraestrutura da EEUFMG, a partir da criação de espaços diferenciados para o ensino e aprendizagem.
  - *Órgãos e instituições*: contêm ações que visam à estruturação e/ou criação de novos órgãos na EEUFMG, bem como o relacionamento institucional com a sociedade.

A atuação do Programa ENG200 voltou-se inicialmente para as atividades acadêmicas complementares. É notável a alta capacidade das iniciativas estudantis em estruturarem atividades complementares. Reconhecendo esse potencial dos estudantes da EEUFMG, o Programa ENG200 participou ativamente na elaboração da resolução para Aproveitamento de Créditos em Atividades Complementares.[8] Essa resolução define os tipos de atividades complementares e a forma para integralização de créditos para essa formação, uma conquista de relevância para o graduando em Engenharia que pleiteia uma formação mais completa.

O Programa ENG200 busca uma quebra de paradigmas à medida que procura criar um ambiente favorável para mudanças curriculares que permanecem. A preocupação com a formação do engenheiro não é algo peculiar à EEUFMG. Indícios em vários países e em várias instituições brasileiras, somados às demandas internas da universidade, conferem a certeza de que uma constante repaginação em todas as instituições de ensino no mundo se faz necessária. No entanto, não é qualquer instituição que está preparada e disposta para se questionar e rever seus métodos de ensino e estrutura organizacional como um todo. O diferencial do Programa ENG200 está justamente nisso. O programa conta com o engajamento de estudantes, funcionários, professores e parceiros da EEUFMG que apoiam iniciativas como esta. Esse é um exemplo da valorização do estudante e do seu papel de protagonista em sua formação, que é exemplificado na própria estrutura interna do programa, em que os gestores têm a liberdade de construir, em conjunto com a coordenação, as metodologias utilizadas e os focos estratégicos a serem alcançados.

O Programa ENG200 transforma a realidade da EEUFMG por intermédio de ações estruturadas para implementar novas metodologias de ensino, melhorando a infraestrutura física da instituição e estabelecendo uma base sólida para a construção de uma EEUFMG cada vez mais ciente de seu papel transformador na sociedade.

8 Disponível em: https://www.eng.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2019/06/Resolução-Congregação-02_2019-AACCs.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

3 CRIANDO UM CENTRO DE REFERÊNCIA PARA INOVAÇÕES NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

O Programa ENG200 representa, na trajetória de transformação da Educação em Engenharia, um *processo de mudança*, meio pelo qual ações e projetos são realizados para criar um novo paradigma de formação em Engenharia. Para garantir que as inovações e mudanças curriculares pudessem ser efetivas e permanentes, era necessário criar um setor para sustentar as ações e os projetos realizados pelo Programa ENG200 e por outras iniciativas da EEUFMG. Esse setor visa promover o desenvolvimento contínuo de atividades que contribuam para a formação dos estudantes por meio da proposição, aperfeiçoamento e apoio a práticas e metodologias nos três pilares da universidade (ensino, pesquisa e extensão), de forma transversal entre os cursos de graduação e em diálogo permanente com departamentos administrativos da instituição.

É nesse contexto que, em 2019, a EEUFMG, no âmbito de seu Projeto de Desenvolvimento Institucional e com o apoio da empresa IEBT Inovação,[9] criou o Centro de Referência em Inovação para Educação em Engenharia (CRIEE[10]). Este centro é um órgão complementar da EEUFMG que tem como missão promover o aprimoramento contínuo da educação por intermédio do apoio e desenvolvimento de novas metodologias e práticas de ensino que garantam um aprendizado de qualidade, com práticas inovadoras alinhadas aos desafios e oportunidades apresentados pela sociedade. O CRIEE tem, em seu Conselho Diretor, a participação de docentes, técnicos-administrativos em educação e estudantes da EEUFMG, além de um representante docente da Faculdade de Educação da UFMG e de dois membros externos à UFMG que possuem perfil com reconhecido potencial de contribuição para inovação e empreendedorismo. O CRIEE terá, em sua equipe, o envolvimento de estudantes de graduação e pós-graduação, docentes e técnicos administrativos em educação, estabelecendo uma base para criação e fortalecimento da área de pesquisa em Educação em Engenharia na UFMG. Dessa forma, o centro será um importante pilar de integração da comunidade acadêmica, auxiliando no desenvolvimento do sentimento de pertencimento com a EEUFMG. O estabelecimento de parcerias será realizado em diferentes âmbitos, para garantir o sucesso e a perenidade das ações. São potenciais parceiros instituições governamentais, associações, outras instituições de ciência e tecnologia, empresas privadas e também demais unidades e órgãos da própria Universidade Federal de Minas Gerais.

9 Disponível em: https://iebtinovacao.com.br. Acesso em: 7 fev. 2021.

10 Disponível em: https://www.eng.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2019/04/Item-01_Resolução-Congregação-01_2019-Regimento-CRIEE.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

Um dos desafios assumidos pelo CRIEE é tornar o ensino de Engenharia e a formação dos alunos mais atrativa, inovadora, participativa e motivadora e, consequentemente, contribuindo para a redução das taxas de retenção e evasão nos cursos de graduação da EEUFMG. Adicionalmente, é preciso fortalecer a integração do sistema educacional com o mercado, no intuito de dar aos cursos da EEUFMG um foco mais centrado nas necessidades da sociedade, do desenvolvimento tecnológico, social e econômico do País. A educação em Engenharia representa elemento-chave nesse processo, já que a Engenharia é, por excelência, condutora da inovação na indústria e nos demais setores econômicos. Além do exposto, a iniciativa do centro está diretamente alinhada às diversas sociedades e organizações, nacionais e internacionais, que trabalham com afinco para resolver questões relacionadas ao tema e servirá de suporte para a EEUFMG na proposição de soluções para os desafios enfrentados pelo Brasil na formação do profissional de Engenharia.

O CRIEE funcionará como incubadora de projetos pedagógicos, contribuindo para a formação de projetos inovadores, alicerçados em boas práticas, promovendo e fomentando a realização de eventos, apoiando a criação de atividades acadêmicas, viabilizando a interação entre a EEUFMG e a sociedade para realização de trabalhos em conjunto, impulsionando o desenvolvimento de habilidades comportamentais (habilidades, como comunicação, trabalho em equipe, inovação, resolução de problemas, liderança, consciência social, entre outras) nos estudantes, entre outras iniciativas. Para alcançar esses objetivos, o CRIEE irá atuar por meio das seguintes frentes de trabalhos, coordenadas por docentes da EEUFMG:

- *Transformação e aprimoramento do ensino*: promover e auxiliar o processo de implantação de novas metodologias, modernizando os projetos pedagógicos dos cursos de graduação e buscando a melhoria contínua das práticas e metodologias de ensino.
- *Formação em Engenharia*: incorporar novas práticas de ensino ao cotidiano da instituição, fomentando atividades de extensão e promovendo a realização de atividades acadêmicas, impactando diretamente a formação do estudante.
- *Conexões e parcerias institucionais*: garantir a operacionalização efetiva das atividades do centro por meio do relacionamento com outros departamentos, instituições e agentes do mercado, buscando recursos (financeiros, organizacionais, tecnológicos e/ou físicos) para que possa operar com qualidade e de forma efetiva.

O quadro 1 apresenta os benefícios esperados para a EEUFMG, para a sociedade e para o mercado com a institucionalização do CRIEE.

QUADRO 1 – Benefícios esperados para a EEUFMG, para sociedade e para o mercado com a institucionalização do CRIEE

EEUFMG	SOCIEDADE	MERCADO
Inovação e aprimoramento do ensino de Engenharia.	Desenvolvimento econômico e social.	Alinhamento entre ensino e mercado.
Absorção mais efetiva do conhecimento.	Melhoria na qualidade de vida.	Melhoria na qualidade técnica das empresas.
Fortalecimento das habilidades e perfis dos estudantes.	Maior acesso ao setor produtivo para estudantes.	Acesso à mão de obra qualificada.
Promoção e disseminação do empreendedorismo e inovação.	Formação de profissionais cientes de seu papel.	Desenvolvimento de novos produtos e serviços.
Atração de estudantes talentosos.	Incentivo ao surgimento de iniciativas semelhantes.	Aumento da competitividade empresarial.
Diminuição da retenção e da evasão de estudantes.	Atração e abertura de novas empresas (*startups*).	Facilidade na transferência de tecnologia.

Fonte: Projeto de Desenvolvimento Institucional da EEUFMG e IEBT.

O CRIEE encontra-se em estágio de implantação e acredita-se que, por meio dele, a EEUFMG poderá proporcionar uma mudança de mentalidade em sua comunidade acadêmica, trazendo benefícios diretos tanto para a instituição quanto para o mercado e a sociedade, almejando tornar-se referência para outras instituições de ensino superior. O CRIEE e o Programa ENG200 em conjunto representam o investimento da EEUFMG na consolidação da área de pesquisa de Educação em Engenharia, passo fundamental para que as inovações nos projetos pedagógicos dos cursos de graduação possam ser viabilizadas.

4 O NECESSÁRIO ALINHAMENTO INSTITUCIONAL E O ESTABELECIMENTO DE NORMAS ACADÊMICAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS PEDAGÓGICOS INOVADORES

A construção de um projeto pedagógico alinhado com as DCNs de 2019 pressupõe a existência de um arcabouço legal institucional e a definição de regulamentos específicos e necessários para possibilitar a implantação da estrutura curricular dos cursos de graduação. Nesse sentido, a UFMG deu um passo importante para reestruturação dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação da EEUFMG, quando aprovou as Normas Gerais de Graduação (NGGs)[11] em 2018. Naturalmente, as NGGs da UFMG regulamentam e fornecem diretrizes, na universidade, para questões relacionadas ao regime didático-científico de todos os cursos de graduação, tais como: estrutura curricular e gestão dos cursos, matrícula e trancamento, ingresso e desligamento na UFMG, desempenho acadêmico, entre outras. Especificamente para os cursos de graduação da EEUFMG, a aprovação das NGGs foi de fundamental importância, pois definiu um marco regulatório para conformação dos projetos pedagógicos. Adicionalmente, há definições importantes nas NGGs que estão em perfeita sintonia com os princípios das DCNs, que são destacados a seguir.

11 Disponível em: https://ufmg.br/comunicacao/publicacoes/boletim/edicao/novos-horizontes-para-a-graduacao/cepe-aprova-normas-gerais-da-graduacao-e-resolucoes-correlatas. Acesso em: 7 fev. 2021.

4.1 PRINCÍPIOS E OBJETIVOS DO ENSINO DE GRADUAÇÃO

As NGGs determinam que o ensino de graduação visa conferir ao egresso uma formação acadêmico-profissional com sólida fundamentação científica, tecnológica, artística e humanística, que lhe proporcione autonomia intelectual, capacidade crítica e de aprendizagem continuada, fornecendo-lhe a base para que desenvolva uma atuação ética, em acordo com as necessidades da sociedade. O ensino deverá ser pautado por:

i) articulação com a investigação científica, tecnológica, artística e cultural;
ii) interação permanente com a realidade social, econômica, cultural e ambiental do País e do mundo;
iii) esforço permanente de atualização das áreas de conhecimento;
iv) flexibilidade curricular que atenda tanto aos requisitos da formação específica, quanto à necessidade de diversificação na aquisição do conhecimento;
v) integração entre os diversos cursos de graduação, inclusive com a constituição de estruturas formativas compartilhadas entre cursos ou comuns a toda a graduação na instituição; e
vi) integração com o ensino de pós-graduação.

4.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES DO ENSINO DE GRADUAÇÃO

As NGGs definem também que o ensino de graduação será organizado a partir dos seguintes elementos:

i) atividades acadêmicas curriculares: unidades de formação executadas em prazo determinado;
ii) estruturas formativas: conjuntos articulados de atividades acadêmicas curriculares comuns a vários cursos, que visam à formação de competências e habilidades; e
iii) cursos: atividades acadêmicas curriculares e estruturas formativas que, articuladas segundo um Projeto Pedagógico, conduzem à obtenção de grau.

Em especial, o item i dos elementos constituintes merecem ser destacado, no qual as atividades acadêmicas curriculares classificam-se nos seguintes tipos:

i) disciplina: atividade teórica, prática ou teórico-prática, conduzida por um ou mais docentes de acordo com um programa de ensino;

ii) projeto: atividade executada pelo estudante sob a orientação de um ou mais docentes, para cuja conclusão exige-se a elaboração de produtos ou a demonstração da capacidade de execução de procedimentos que se caracterizem como os resultados do projeto;

iii) programa: atividade que prevê a execução, pelo estudante, de tarefas no contexto de organizações, associações, entidades ou instituições, cuja intencionalidade pedagógica se constitui predominantemente na forma processual, na própria execução das tarefas, não se concentrando em eventuais produtos finais, como relatórios ou em apresentações finais;

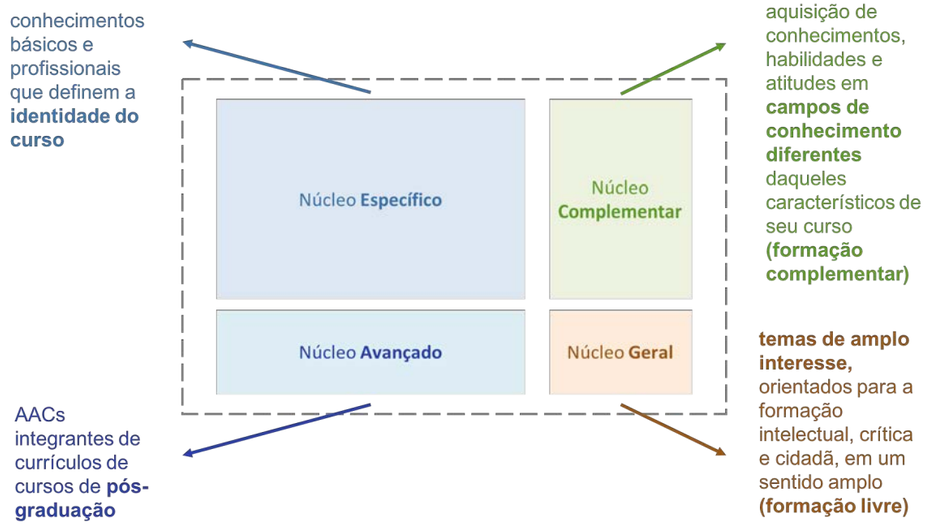
iv) estágio: atividade que visa desenvolver o aprendizado pela vivência profissional, sob a orientação de um ou mais docentes e a supervisão de profissional no ambiente de trabalho; ou

v) evento: atividade de curta duração que visa à geração, ao intercâmbio ou à disseminação do conhecimento, tipicamente envolvendo a participação de público ou de convidados externos ao curso ou à estrutura formativa.

O que é importante observar nos destaques anteriores é que as NGGs definem para os cursos de graduação a necessidade de organizarem os projetos pedagógicos de forma a contemplarem efetivamente a flexibilização curricular, assim como definido nas DCNs. Deve-se observar que os currículos devem prever uma flexibilidade curricular tal que os cursos de graduação possam interagir entre si e com a sociedade, organizando-se em estruturas formativas, compartilhando experiências e intensificando a diversificação na aquisição do conhecimento. É importante ressaltar também que o projeto pedagógico deve ser construído para além das tradicionais atividades acadêmicas definidas por disciplinas e estágios, como em currículos mais tradicionais, mas inovar no estabelecimento de outras atividades acadêmicas, tais como projetos, programas e eventos. Isso permitirá sair do ambiente tradicional de sala de aula e incluir outras atividades curriculares.

Avançando um pouco mais na construção dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação, a figura 1 ilustra bem como deverão ser estruturados os currículos de acordo com as NGGs, que passam a pensar os projetos pedagógicos como um "conjunto coerente de estruturas formativas", incluindo núcleos de formação específica, de formação complementar, de formação avançada e de formação livre.

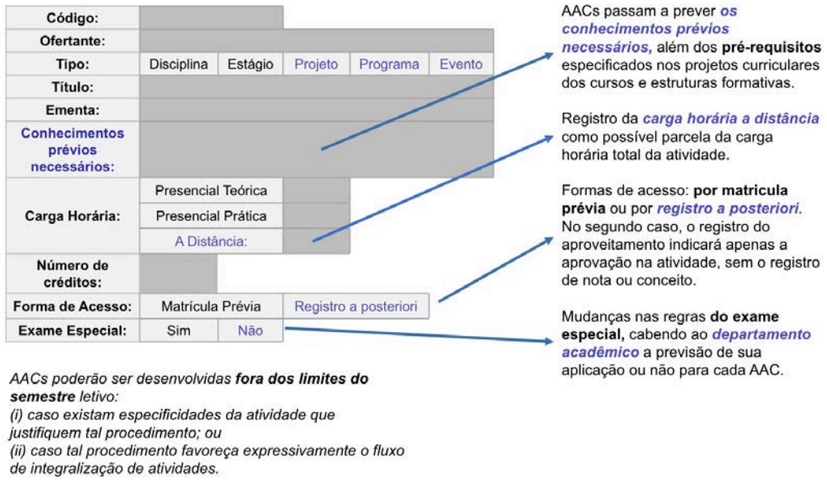
FIGURA 1 - Projetos pedagógicos definidos por um conjunto coerente de estruturas formativas, segundo as NGGs



Fonte: Pró-Reitoria de Graduação da UFMG.

As NGGs permitem também aos currículos de graduação avançarem ainda mais na flexibilização curricular, deixando para trás a tradicional "grade curricular" definida como um conjunto de disciplinas para a construção de um projeto pedagógico como um conjunto de atividades acadêmicas curriculares (ACCs) que deverão incluir informações conforme apresentado na figura 2. As NGGs definem várias outras regulamentações para a construção dos projetos pedagógicos e a forma de funcionamento dos cursos de graduação que estabeleceram um novo paradigma para a graduação da UFMG.

FIGURA 2 - Detalhamento das atividades acadêmicas curriculares (ACCs) que compõem os currículos dos cursos de graduação, segundo as NGGs



Fonte: Pró-Reitoria de Graduação da UFMG.

Nesse ponto, é necessário ressaltar a importância da conjugação dos três eixos que têm sido a base para a modernização dos currículos dos cursos de graduação da EEUFMG: a criação de um *ambiente favorável para mudanças curriculares* (ações e projetos do Programa ENG200); o estabelecimento de um *setor para execução de inovações curriculares* (instituição do CRIEE); e o *alinhamento institucional da universidade* (definição de normas para implantação dos projetos pedagógicos). É importante observar que a EEUFMG encontra-se em um momento oportuno para modernização dos currículos dos cursos de graduação, atendendo não apenas as DCNs do MEC, mas também cumprindo as exigências das NGGs da UFMG.

5 AÇÕES E PROJETOS DE DESTAQUE QUE CONTRIBUEM PARA A MODERNIZAÇÃO CURRICULAR DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO DA EEUFMG

Várias ações têm sido realizadas buscando as modernizações curriculares dos cursos de graduação da EEUFMG, incluindo projetos do Programa ENG200, atividades acadêmicas complementares que, de forma orgânica, são desenvolvidas nas entidades estudantis, além de diversos programas acadêmicos desenvolvidos na instituição, entre eles o *Grand Challenges Scholars Program* da EEUFMG.

No âmbito do Programa ENG200, destacam-se as seguintes ações e projetos que são realizadas continuamente:

- *Engenharia Recebe*: evento de recepção dos calouros de Engenharia com atividades que orientam e motivam os estudantes ingressantes, além de integrá-los com seus veteranos e demais integrantes da comunidade acadêmica.
- *Desafio de Introdução à Engenharia*: desafio de inovação e prototipagem proposto aos estudantes do primeiro período de cursos de graduação em Engenharia, durante a disciplina de Introdução à Engenharia.
- *Projeto espaço de coworking*: planejamento e reestruturação de espaços abertos nas dependências da Escola de Engenharia, onde os estudantes possam se reunir para realização de reuniões, encontros e atividades acadêmicas.
- *Ruptura UFMG*: evento de inovação e empreendedorismo que proporciona uma reflexão sobre a jornada acadêmica estudantil, propiciando um contato com novas ideias e pessoas, de forma que os participantes possam inovar nas próprias escolhas na universidade e na sociedade de forma geral, quando da sua atuação profissional.
- *TCC Lab*: projeto de final de curso desenvolvido com empresas e indústrias para solução de problemas reais.

Uma marca importante da EEUFMG são as várias entidades estudantis que têm propiciado alternativas de ensino para os estudantes (quadro 2). Diversas habilidades são desenvolvidas nestas entidades, tais como comunicação, trabalho em equipe, inovação, resolução de problemas, liderança, consciência social, dentre outras.

QUADRO 2 – Modalidades de iniciativas estudantis que são desenvolvidas pelos estudantes vinculados aos cursos de graduação da EEUFMG

Modalidades	Iniciativas
Associações Estudantis	Associação Atlética; Bateria Engrenada; Coral da Engenharia; Equipe de *Cheerleaders*
Empresas juniores	Aero Jr.; CPE Jr.; Emas Jr.; Minas Jr.; Mult Jr.; PJ Consultoria Jr.; Usina Jr.
Equipes de competição	Avant UFMG; Autobotz; Baja Sae UFMG; Czar Space; Fênix UFMG; Fórmula Tesla; Fórmula UFMG; Milhagem UFMG; Uai Sô, Fly
Movimento Estudantil	DA Engenharia e 10 Grêmios Estudantis
Projetos de Extensão	Cursinho Equalizar; CIPMOI; Engenharia Solidária; Inderios; PET-EE UFMG; Paramec; Selex
Projetos Multidisciplinares	Enactus UFMG; Liga de Mercado e Negócios; UFMG Finance Club

Fonte: Programa ENG200.

As iniciativas estudantis desempenham papel importante para o desenvolvimento de atividades acadêmicas de formação complementar, uma diretriz das DCNs e uma estrutura formativa de grande relevância para a graduação em Engenharia.

Entre os vários projetos acadêmicos desenvolvidos na EEUFMG que buscam a modernização dos currículos de Engenharia, destaca-se o *Grand Challenges Scholars Program* da EEUFMG (GCSP-EEUFMG),[12] vinculado à National Academy of Enginnering (NAE), dos Estados Unidos.[13] A rede NAE/GCSP conta, atualmente, com 71 programas em universidades americanas, 14 em universidades na Europa e Ásia, 1 na Austrália, 2 no Brasil (EEUFMG e Instituto Mauá de Tecnologia[14]). As bases para formulação do GCSP-EEUFMG, que se deu por meio da construção coletiva de uma equipe de professores de diversos departamentos da EEUFMG, são:

- Compromisso de formar engenheiros tecnicamente preparados, capazes de pensar de forma diferente e de transformar uma ideia em uma solução viável.
- Uso de metodologia integradora multidisciplinar para solução de problemas globais.
- Criação de uma visão aspiracional para a Engenharia do século XXI: "Continuação da vida no planeta, tornando o mundo mais sustentável, seguro, saudável e alegre".
- Cooperação em rede internacional visando conhecer e debater com colegas de outros países soluções de problemas relevantes para a Engenharia, cooperando em rede para identificação de oportunidades para atuação da EEUFMG.

Aprovada pelo comitê internacional NAE-GCSP em 2020 e coordenado pela professora Carmela Maria Polito Braga,[15] do Departamento de Engenharia Eletrônica da EEUFMG, o GCSP é um programa internacional comprometido com a formação de competências em Engenharia voltada aos grandes desafios para a Engenharia no século XXI, estabelecidos por um grupo internacional de pessoas que pensam possibilidades e desafios tecnológicos. Os grandes desafios assumidos para o GCSP-EEUFMG foram escolhidos levando em consideração as demandas prioritárias da cidade de Belo Horizonte, do estado de Minas Gerais e do Brasil, bem como as competências instaladas na EEUFMG, capazes de contribuir com o desenvolvimento de projetos. Considera-se a inserção social dos projetos uma questão fundamental, de forma que seja um exercício permanente de aplicação de conhecimentos e competências da Engenharia para melhorar as condições de vida das pessoas, sobretudo daquelas que têm necessidades fundamentais ainda não atendidas. São os desafios do GCSP-EEUFMG: i) recuperar e melhorar a infraestrutura urbana; ii) prover acesso à água limpa e tratar as águas residuais; iii) desenvolver soluções

12 Disponível em: http://engineeringchallenges.org/File.aspx?id=33929&v=4941ed96. Acesso em: 7 fev. 2021.

13 Disponível em: http://engineeringchallenges.org/GrandChallengeScholarsProgram.aspx. Acesso em: 7 fev. 2021.

14 Disponível em: https://maua.br/imprensa/infomaua/251/texto/1082. Acesso em: 7 fev. 2021.

15 Disponível em: http://lattes.cnpq.br/8647879466872770. Acesso em: 7 fev. 2021.

de energia limpa e segura; e iv) desenvolver recursos para aprendizado personalizado avançado. O programa GCSP-EEUFMG foi formulado visando implementar as cinco competências críticas, conforme metodologia GCSP/NAE, quais sejam:

1) *Competência multidisciplinar (curricular)*: trajetória de formação definida por meio de um Projeto de Formação Complementar (240 horas), sendo: i) 60 horas de atividades obrigatórias (Introdução ao Programa GCSP; Princípios de Sustentabilidade; Inovação e Solução de Problemas; e Ética em Engenharia); e ii) 180 horas de atividades optativas a serem selecionadas pelo estudante, com a participação de mentores, voltadas ao grande desafio de Engenharia escolhido.
2) *Competência em talento*: projeto de pesquisa e/ou desenvolvimento, voltado a um grande desafio, elaborado a partir de atividades de imersão.
3) *Competência em empreendedorismo*: promover a capacidade e a competência no processo de tradução de ideias, invenção e inovação em uma solução viável, incentivando a realização de atividades complementares que incentivem a inovação e o empreendedorismo.
4) *Competência multicultural*: desenvolver e ampliar a conscientização global e a experiência multicultural a partir de experiências em programas de mobilidade nacional e internacional e em eventos nacionais e internacionais.
5) *Competência em consciência social*: promover a consciência e a motivação social, a fim de que o profissional traga seus conhecimentos técnicos para desenvolver soluções que sirvam para melhorar a vida de todas as pessoas, a partir do envolvimento em projetos de extensão social.

As ações e os projetos citados anteriormente têm mentoria docente e servem de inspiração para reestruturação dos currículos de Engenharia e têm uma característica em comum: essas atividades acadêmicas representam espaços para desenvolvimento do protagonismo estudantil, favorecendo a formação de estudantes mais preparados para a atuação profissional.

O GCSP-EEUFMG publicou a primeira chamada em 2020 para desenvolvimento de projetos, de equipes multidisciplinares, para o combate do contágio e os impactos decorrentes da pandemia mundial de Covid-19. Atualmente, a equipe do projeto prepara a oferta de oficinas, para desenvolvimento de temas, tais como responsabilidade social da Engenharia e criatividade, sustentabilidade, organização de equipes e projetos em plataformas digitais. Além disso, seminários abertos para discussão de alguns grandes desafios da Engenharia no contexto atual também serão realizados.

6 PRINCIPAIS DESAFIOS ENCONTRADOS PELOS CURSOS DE GRADUAÇÃO DA EEUFMG NO PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO CURRICULAR E PRINCIPAIS INOVAÇÕES PERCEBIDAS

O processo de reestruturação curricular dos 11 cursos de graduação da EEUFMG, visando atender às DCNs de 2019 e às orientações estabelecidas pelas NGGs da UFMG, encontram-se em estágios diversos. Os cursos que foram implantados no âmbito do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni)[16] encontram-se em estágio mais avançado nesse processo, uma vez que foram criados em um contexto de flexibilização curricular instituído pela própria UFMG em 2001.[17] Entre os cursos mais antigos, há cursos que estão em estágios mais avançados e outros que devem se debruçar em reformas curriculares mais profundas. Entre os 11 cursos de graduação da EEUFMG, quatro cursos encontram-se estágio avançado no processo de modernização, outros três cursos em estágio intermediário e quatro cursos ainda em discussão em seus Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs).

Várias têm sido as dificuldades encontradas pelos colegiados de cursos e graduação para realizarem o processo de reforma curricular, visando atender às DCNs de 2019. Entre as dificuldades relatas pelos coordenadores de cursos as que aparecem com maior recorrência são:

- como incorporar, nos projetos pedagógicos, atividades acadêmicas visando atender à exigência de, pelo menos, 10% da carga horária em atividades de extensão (Res. nº 07/2018, que estabelece as diretrizes para a extensão na Educação Superior Brasileira[18]); e
- como diminuir a carga horária obrigatória nos projetos pedagógicos para incluir atividades acadêmicas curriculares complementares (AACCs).

Outras dificuldades apresentadas pelos coordenadores são:

- burocracia no processo de encaminhamento da reforma curricular;
- necessidade de capacitação docente; e
- definição de atividades acadêmicas que possam atender a vários cursos.

16 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6096.htm. Acesso em: 7 fev. 2021.

17 Disponível em: https://www.ufmg.br/prograd/arquivos/docs/dirCurriculares.pdf. Acesso em: 7 fev. 2021.

18 Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=104251-rces007-18&category_slug=dezembro-2018-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 7 fev. 2021.

É interessante analisar as principais dificuldades encontradas pelos colegiados de curso para realizar as reformas curriculares. Os itens mais citados entre os coordenadores são as principais mudanças esperadas no processo de modernização, pois incorporar atividades de extensão e atividades acadêmicas complementares são ações fundamentais para ampliar a interação dos cursos de graduação com as demandas da sociedade e formam a base da flexibilização curricular.

Em que pese as dificuldades encontradas pelos colegiados para realizar a modernização curricular dos cursos de graduação, os coordenadores são unânimes em reconhecer o avanço intencionado pelas DCNs e pelas NGGs da UFMG. Entre os principais avanços mencionados pelos coordenadores, destacam-se:

- Desenvolvimento de novas habilidades a partir da formação por competências.
- Estruturas curriculares mais flexíveis e redução da carga horária de atividades desenvolvidas em ambientes de sala de aula.
- Fortalecimento da aproximação entre a universidade e o mercado.
- Fortalecimento da inovação e do empreendedorismo como atividades de formação acadêmica.
- Fortalecimento de atividades de extensão e atividades complementares nos currículos.
- Importância do protagonismo estudantil na construção do currículo de Engenharia.
- Inclusão de atividades para acolhimento de estudantes ingressantes e de processos para acompanhamento de egressos.
- Inclusão de processos de autoavaliação nos projetos pedagógicos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PREMISSAS PARA MUDANÇAS CURRICULARES QUE PERMANECEM

Este capítulo apresentou como a EEUFMG tem atuado no processo de modernização dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação. Em síntese, a EEUFMG entende que um processo de transformação na Educação em Engenharia será efetivo se atender a algumas premissas, como apresentadas a seguir*:*

- *Mudanças educacionais envolvem mudança de atitude e comportamento*: mudanças educacionais são mudanças culturais, especialmente em instituições de ensino já estabelecidas. Mudanças culturais pressupõem "mover pessoas". Mudanças drásticas e em curto período de tempo deixam marcas profundas na comunidade acadêmica, nem sempre pacificadas, e podem não ser efetivas. Mudanças realizadas com o envolvimento das pessoas e com conquistas progressivas tornam-se permanentes, porém são mais demoradas. A EEUFMG optou por trabalhar conquistas progressivas, criando um ambiente favorável para implantar as inovações curriculares.
- *Abrir espaços para o protagonismo estudantil*: mudanças educacionais têm que envolver o estudante necessariamente. O estudante é o *foco* nesse processo e o egresso é a principal *entrega para a sociedade*. Os currículos de Engenharia devem abrir espaços para o protagonismo estudantil a fim de explorar a identidade e a aptidão estudantil para os vários perfis de formação em Engenharia. Os currículos devem motivar os estudantes, sem deixar de atender ao rigor metodológico da formação em Engenharia, mas também agregando as habilidades de comportamento. Assim, a EEUFMG optou por chamar o estudante para *Construir a Escola de Engenharia que se Deseja Ter*, fortalecendo o ambiente favorável para as mudanças educacionais.
- *Fortalecimento da pesquisa em Educação em Engenharia*: é necessário consolidar, ou mesmo criar, essa área de pesquisa, para que as inovações curriculares possam ter uma base teórica sólida conectando ensino, pesquisa e extensão. Raras são as instituições que possuem a linha de pesquisa Educação em Engenharia. Normalmente, os grupos que atuam em Educação em Engenharia estão distribuídos nos mais variados departamentos de Engenharia. Com a necessidade de reformulação dos currículos de Engenharia para atender às DCNs, as faculdades de Engenharia vêm trabalhando, muitas vezes, de forma descentralizada e pulverizada, sem um olhar de unidade. Nesse sentido, é necessário indução por parte das instituições de ensino para criação dessa tão importante área de pesquisa que é a Educação em Engenharia.
- *Conexão com o mercado para fortalecimento da inovação e do empreendedorismo*: com o crescimento da cultura de inovação e de empreendedorismo como habilidades de formação para a Engenharia, atividades pedagógicas que fortalecem essas habilidades aparecem, na maioria as vezes, sem uma conexão coerente com os projetos pedagógicos. Assim, é necessário criar um setor que dialogue de forma transversal com os colegiados de cursos de graduação e com o corpo docente vinculado aos departamentos. Além disso, por se tratar de natureza multidisciplinar, trabalhar as habilidades de inovação e empreendedorismo de forma unificada permite a instituição do ensino fortalecer essas áreas de formação, de forma ampla, para todos os cursos de graduação. É importante frisar que esse setor é um elo de conexão importante entre a instituição de ensino e o mercado, para desenvolvimento de profissionais mais sintonizados às demandas da sociedade e mais aptos ao dinamismo imposto pelo desenvolvimento científico e tecnológico.
- *Alinhamento institucional e normas acadêmicas*: é necessário também estabelecer um alinhamento institucional, tal que as instâncias superiores das instituições de ensino criem regulamentações (normas acadêmicas) que permitam a implantação de currículos mais flexíveis, fortalecendo a formação por competências. Os sistemas acadêmicos devem estar preparados para implantar os projetos pedagógicos que, de forma coerente, proponham trajetórias acadêmicas que conjuguem os núcleos de formação específica, de formação complementar, de formação avançada e de formação livre. Em consequência, será possível conceber um currículo que fortaleça a formação por competências dentro dos conteúdos programáticos de formação em Engenharia.



CAPÍTULO 10

AS DCNs NA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

José Aquiles Baesso Grimoni[1]
Antonio Carlos Seabra[2]
Edvaldo Simões da Fonseca Junior[3]
Henrique Lindenberg Neto[4]
Roseli de Deus Lopes[5]
Eduardo de Senzi Zancul[6]
Fernando Josepetti Fonseca[7]
Liedi Legi Bariani Bernucci [8]

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), seus compromissos estratégicos desde sua fundação (1893) e seu envolvimento como uma das escolas fundadoras da USP até os dias de hoje. É dado especial destaque às ações e resultados associados aos itens que compõem as novas Diretrizes Curriculares de Engenharia no Brasil, aprovadas em abril de 2019. Como será visto ao longo deste capítulo, as novas demandas profissionais e as novas competências esperadas dos egressos têm mobilizado a EPUSP a repensar suas estruturas curriculares e projetos pedagógicos, desenvolvendo novas formas, ferramentas e ambientes de aprendizagem. Ao longo de cada item deste capítulo apresentam-se as estratégias utilizadas para ampliar as relações EPUSP-Empresas em cada uma das ações descritas.

1 Professor Associado do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.
2 Professor Titular do Departamento de Engenharia de Eletrônica e Sistemas.
3 Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes.
4 Professor Doutor do Departamento de Engenharia Geotécnica.
5 Professora Associada do Departamento de Engenharia de Eletrônica e Sistemas.
6 Professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção.
7 Professor Associado do Departamento de Engenharia de Eletrônica e Sistemas.
8 Professora Titular do Departamento de Engenharia de Transportes.

2 A ESCOLA POLITÉCNICA E SUA MISSÃO COM A SOCIEDADE E COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A EPUSP desde a sua fundação traz, em sua missão, a formação de recursos humanos para apoiar o desenvolvimento industrial e oferecer bem-estar à sociedade. Seu idealizador e fundador, Antonio Francisco de Paula Souza, formou-se em Engenharia pela Polytechnischen Hochschule de Karlsruhe (atual KIT), na Alemanha, para a qual se transferiu em 1863, após ter iniciado o curso na Eidgenössische Technische Hochshule (ETH) de Zurique, na Suíça. O modelo germânico que o engenheiro Paula Souza havia conhecido em Zurique e em Karlsruhe foi adotado na fundação da Escola Politécnica, em 1893, com o ensino valorizando igualmente a formação científica e as aplicações práticas. Em 1899, como diretor, Francisco de Paula Souza cria na EPUSP o Gabinete de Resistência dos Materiais, como parte do aprendizado prático dos futuros engenheiros e já registrando uma compilação de ensaios para avaliação dos materiais de construção civil, além de introduzir a metalografia microscópica no Brasil. Da Escola Politécnica nasce, então, o que se tornaria mais tarde o IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Em 1934, em uma ação arrojada para criar um ambiente intelectual e científico que propiciasse avanços na concepção econômica e social do País, a Escola Politécnica e tradicionais escolas profissionalizantes do estado de São Paulo uniram-se e fundaram a Universidade de São Paulo (USP). Nas décadas de 1950 a 1980, os professores da EPUSP foram responsáveis por grande parte dos avanços mais importantes da Engenharia e da evolução tecnológica do estado. A partir de 1990, muitos doutorandos tiveram a possibilidade de realizar parte do seu plano de pesquisa no exterior.

Hoje, a EPUSP conta com cerca de ¾ de seu corpo docente em tempo integral, realizando projetos de pesquisa e de extensão relacionados à prática da Engenharia, com a participação de estudantes de pós-graduação e de graduação em suas equipes, com especial enfoque no desenvolvimento de tecnologias de ponta e de inovação, em parceria e suporte das indústrias e empresas. Os docentes, em tempo parcial, são profissionais de destaque no mercado e em gestão de empresas e órgãos públicos.

Os desenvolvimentos atuais resultantes das parcerias científicas, tecnológicas e de inovação são trazidos para as salas de aula e mesclam-se na base teórica sólida para a motivação dos jovens para o futuro exercício da profissão. A EPUSP é a unidade com maior número de patentes depositadas na USP e tem especial atenção para a formação de recursos humanos empreendedores. Várias empresas nasceram do empreendedorismo dos egressos e muitas se tornaram *unicórnios* brasileiros.

3 GRADUAÇÃO NA EPUSP

A Escola Politécnica da USP conta aproximadamente com cinco mil estudantes de graduação distribuídos em 17 cursos ou habilitações distintos.[9] São oferecidas 870 vagas anuais, sendo destinadas 783 vagas, em 2021, para ingresso pelo vestibular da Fundação Universitária para o Vestibular (Fuvest) (243 vagas para estudantes de escolas públicas,153 para pretos, pardos ou indígenas e 387 vagas de ampla concorrência) e 87 vagas pelo Sistema de Seleção Unificada (Sisu) e pelo Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), com proporcionalidade de distribuição de vagas similar à Fuvest.

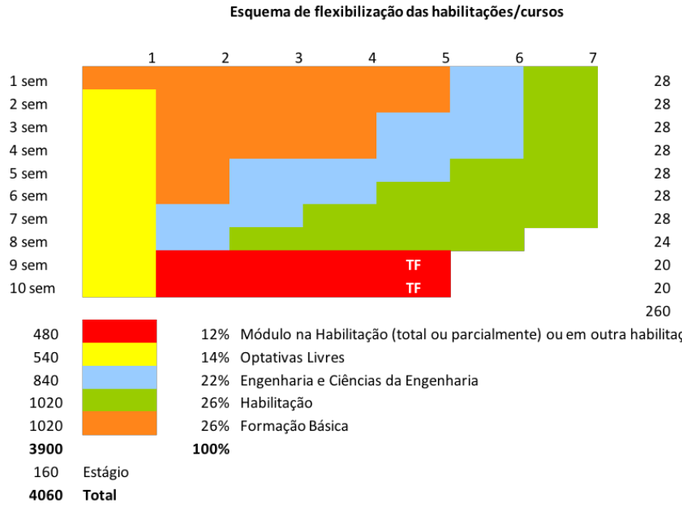
Em 2014, a EPUSP adotou uma nova estrutura curricular (figura 1), que visa flexibilizar as habilitações por meio de várias modificações implementadas que se complementam, explicitadas nos seguintes princípios:

- Iniciação profissional desde o primeiro ano, com disciplinas que já trazem uma proposta de aprendizagem por projeto de engenharia, e disciplinas com aplicações práticas da engenharia, além de abertura da visão de formação com disciplina optativa.
- Flexibilização curricular, com disciplinas optativas livres de toda a USP, a partir do 2º semestre das diferentes habilitações.
- Formação com carga horária mínima na habilitação/ênfase do estudante, atendendo às exigências do Conselho Nacional de Educação (CNE).

9 Para mais informações, consulte: http://www.poli.usp.br.

- Flexibilização curricular para o 5º ano por módulos previamente definidos nas habilitações ou por formação em pesquisa (pré-mestrado). É importante realçar que os módulos de especialização são abertos para todas as habilitações, gerando interações entre estudantes de diferentes formações profissionais de Engenharia.
- Homogeneização e harmonização da carga curricular dos cursos da EPUSP, permitindo a mobilidade interna, ou seja, transferência de uma habilitação para outra, com critérios de mérito.

FIGURA 1 – Estrutura curricular da EPUSP a partir de 2014



480		12%	Módulo na Habilitação (total ou parcialmente) ou em outra habilitação, ou Formação em pesquisa (inclui TF)
540		14%	Optativas Livres
840		22%	Engenharia e Ciências da Engenharia
1020		26%	Habilitação
1020		26%	Formação Básica
3900		**100%**	
160	Estágio		
4060	**Total**		

Fonte: Escola Politécnica da USP.

Na estrutura da figura 1, são empregadas cores para identificação dos grandes conjuntos de disciplinas: (i) o módulo laranja corresponde às disciplinas do Núcleo Básico Comum a todas as habilitações; (ii) o módulo azul corresponde às disciplinas da Ciência de Engenharia; (iii) o módulo verde corresponde às disciplinas da Habilitação; (iv) o módulo vermelho corresponde a um módulo escolhido pelo estudante que pode ser selecionado na própria habilitação, em outra habilitação da EPUSP, ou como pré-mestrado, que é contabilizado também na pós-graduação, ou módulos integrativos, como bioengenharia; e (v) adicionalmente o módulo amarelo, que corresponde a aproximadamente 15% do curso e permite que o estudante escolha disciplinas na própria EPUSP ou de outras unidades da USP. O formato triangular do núcleo comum, com redução de disciplinas básicas à medida que o curso avança, permite que temáticas específicas da área de interesse do estudante sejam contempladas desde o início do curso.

3.1 PERFIL DO EGRESSO E DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

O perfil para egressos envolve competências gerais e específicas, estas para cada curso. Entre as competências gerais, aplicadas a todos os cursos, destacam-se:

- adequada formação científica;
- sólida formação em técnicas de Engenharia;
- capacidade de interpretação e análise crítica dos problemas de engenharia;
- preparo para enfrentar situações novas, com iniciativa e criatividade;
- capacidade de buscar e gerar conhecimento tecnológico e metodológico;
- capacidade para inovar em Engenharia;
- consciência e preparo para ser um agente da evolução econômica e social; e
- consciência para desenvolver uma conduta profissional ética.

A partir dessas competências gerais, são identificadas habilidades que demonstrem o desenvolvimento dessas competências.

O conceito de competência não tem uma definição amplamente aceita na literatura.[10] O conceito de qualificação, desenvolvido nos anos 1970-1980, precedeu o conceito de competência e foi paulatinamente introduzido dando mais foco à ideia de formação acadêmica e profissional, sendo mais aplicado ao domínio vocacional. Houve expansão natural desse conceito para a ideia de qualificações gerais, como responsabilidade, flexibilidade e independência, e, por fim, o conceito de competência estabeleceu-se, destacando-se que, diferentemente do conceito de qualificações, mais voltadas às demandas imediatas, esse conceito procura desenvolver o potencial do indivíduo em mobilizar conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e engajamento (aspectos emocionais e motivacionais) para enfrentar situações incertas e imprevisíveis. Tornou-se comum categorizar as competências em específicas (*hard skills*) e competências socioemocionais (*soft skills*), caso tenham maior foco em conhecimentos e habilidades ou em atitudes, valores e engajamento, respectivamente.

Desenvolver competências nos ambientes educacionais requer uma mudança de perspectiva, não sendo suficiente estabelecer um currículo apenas a partir de objetivos precisos. A educação plena, no ambiente educacional formal, necessita incorporar competências que mobilizem valores e aspectos socioemocionais pela aprendizagem informal proporcionada também por atividades complementares. Do ponto de vista do mundo do trabalho e do desenvolvimento econômico, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento

10 ILLERIS, K. Competence Development: the key to modern education, or just another buzzword?", **Asia Pacific Education Review**, 9:(1-4), 2008.

Econômico (OCDE)[11] considera que uma competência é definida como a capacidade de atender, com sucesso, às demandas complexas em determinado contexto por meio da mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores (cognitivos, metacognitivos, socioemocionais e práticos).

Na EPUSP, foi feito um mapeamento inicial de competências utilizando a taxonomia de Bloom do domínio cognitivo, para explicitar em que momento do curso as competências seriam desenvolvidas e em que profundidade na escala dos domínios de conhecimento. O desenvolvimento de competências é facilitado pelo uso da aprendizagem ativa, sendo que várias experiências na EPUSP utilizam *design thinking* para essa finalidade e para desenvolver produtos e processos para problemas enfrentados por organizações e/ou empresas. Disciplinas de Introdução à Engenharia utilizam essa abordagem com a implementação prática de soluções.

3.2 PROGRAMA BRASIL-ESTADOS UNIDOS DE MODERNIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR NA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

A EPUSP foi uma das oito escolas de Engenharia brasileiras escolhidas em 2019 para integrar o Programa Institucional de Modernização da Graduação em Engenharia (PIM-PMG) promovido pelo CNE, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Comissão Fulbright e Embaixada dos Estados Unidos no Brasil.

Esse programa, com duração de oito anos, promove um processo de reflexão-ação contínuo em vários aspectos dos cursos de Engenharia, desde a construção de currículos por competências e como avaliá-los até a discussão de modelos de interação universidade-empresas existentes nos Estados Unidos.

Em 2019, o programa promoveu visitas de docentes e estudantes aos Estados Unidos e, durante o período de pandemia, as visitas foram substituídas por sessões de trabalho com comitê de especialistas dos Estados Unidos envolvendo a construção e avaliação de currículos por competências e o desenvolvimento de projetos de fim de curso com empresas.

Neste último item, um aspecto marcante é a forte relação com empresas, em que, ao mesmo tempo que há o patrocínio de laboratórios de graduação complexos (como o que será ilustrado no item Inovação e Empreendedorismo), há também prioridade para que os projetos de formatura sejam realizados a partir de demandas de empresas.

11 ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. Education Police Committee. **E2030 Conceptual Framework: Key Competences for 2030**. 2016.

Esse programa também permitiu, dentro da EPUSP, catalisar a aproximação com os Institutos de Matemática de Estatística (IME) e de Física (IF) da USP, que são responsáveis pelas disciplinas básicas das respectivas áreas. Isso está possibilitando uma revisão curricular no sentido de aproximar a abordagem dessas áreas com temáticas mais diretamente relacionadas à Engenharia, sem perder a visão conceitual de modelagem de fenômenos físicos e químicos.

Outro aspecto importante do programa é a forte interação entre as oito escolas de Engenharia envolvidas, sendo que elas possuem perfis bastante distintos, envolvendo escolas confessionais, públicas, privadas e ligadas ao setor empresarial.

3.3 ATIVIDADES ACADÊMICAS COMPLEMENTARES (AACS) E EXTRACURRICULARES

A EPUSP, seguindo orientação da pró-reitoria de graduação da USP, está implantando, em seus Projetos Pedagógicos de Curso (PPC), a curricularização das Atividades Acadêmicas Complementares (AACs), que podem atingir até 10% da carga horária do curso. As AACs são componentes curriculares que entrelaçam a graduação, a pesquisa, o empreendedorismo, a cultura e a extensão.

O fato de os cursos da EPUSP já contemplarem disciplinas eletivas possibilita a inclusão das AACs de maneira harmoniosa, e a estratégia de analisar cada AAC do ponto de vista das competências que ela desenvolve permite também uma integração com a proposta das novas DCNs.

Estágios não obrigatórios, iniciação cientifica, empresas juniores, grupos de competição (Aerodesign, Baja, Milhagem, etc.) e representação discente em órgãos da EPUSP, que complementam a formação estudantil, são parte do conjunto de atividades AACs. Da mesma maneira que na própria estrutura curricular mais tradicional, a EPUSP visa oferecer um leque diverso de possibilidades.

3.4 TRABALHOS DE FORMATURA E ESTÁGIOS

O trabalho de formatura ou Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem a duração de um ano e possibilita que temas trazidos por empresas à EPUSP sejam desenvolvidos nos projetos dos estudantes. Os estudantes são avaliados e acompanhados por professores supervisores, por professores das disciplinas e por especialistas. Alguns cursos fazem apresentações abertas dos trabalhos de formatura com a exposição de pôsteres e demonstração de equipamentos e programas que são desenvolvidos nos projetos. Muitos cursos premiam os melhores trabalhos, entregues em cerimônias especiais e oferecem suporte em processos de patenteamento.

Já os estágios são permitidos a partir do 3º ano e seguem os procedimentos preconizados na legislação pertinente. Os dois cursos cooperativos da EPUSP, de Engenharia Química e Engenharia de Computação, criados na década de 1980, são organizados em módulos quadrimestrais, com módulos de estágio intercalados por módulos acadêmicos, a partir do 3º ano do curso, pois não se permitem estágios nas mesmas empresas, tendo assim a possibilidade de fazer vários estágios em tempo integral durante o curso com dedicação integral à atividade. Para essa modalidade, as empresas devem fazer um convênio com a EPUSP.

3.5 MÓDULOS ACADÊMICOS DE 5º ANO

A nova estrutura curricular da EPUSP possibilita que os estudantes naveguem dentro de módulos vermelhos de 5º ano que possuem um recorte temático diferenciado. Estão disponíveis 45 módulos distintos,[12] que envolvem aprofundamentos em temas tradicionais, fusões de áreas distintas, como Bioengenharia, e aprofundamentos em temas alinhados com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da Agenda 2030, tais como:

- Módulo de Energia e Meio Ambiente.
- Módulo de Energias Renováveis.
- Módulo de Indústrias Sustentáveis.
- Módulo de Planejamento, Gestão e Infraestrutura de Cidades.

Esta abordagem também possibilita desenvolver um perfil de egresso que contemple as recomendações das novas DCNs por estimular a visão holística e humanista, ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática e considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde.

12 JUPITERWEB-USP. Disponível em: https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCursoLista?codcg=3&tipo=N. Acesso em: 20 abr. 2021.

4 INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO

A integração da inovação e do empreendedorismo como componente curricular é multifacetada e complexa, e resultados mais efetivos são obtidos por meio da experimentação prática dos estudantes e da interação com empresas. É oferecida uma série de oportunidades de vivência prática com base em casos reais em ambientes apropriados para fomentar a criatividade e o trabalho em equipe *mão na massa*.

Um dos ambientes de apoio ao desenvolvimento de competências relacionadas com inovação e empreendedorismo é o Inovalab@Poli, que oferece infraestrutura compartilhada para estudantes de todos os cursos da EPUSP[13]. O Inovalab@Poli conta com cinco salas: 1) Sala de Projetos, configurada para apoiar o trabalho em equipe; 2) Oficina *Makerspace,* equipada com máquinas e equipamentos para prototipagem; 3) Oficina Eletrônica, localizada em um centro de pesquisa; 4) Oficina Elétrica, com recursos complementares de engenharia elétrica e eletrônica; e 5) Sala de Projetos Internacionais, dedicada a projetos de longa duração em cooperação com universidades estrangeiras (figura 2).

O modelo operacional do Inovalab@Poli é baseado no empoderamento dos estudantes, que são responsáveis por manter o espaço organizado. Há monitores bolsistas da USP que são capacitados para apoiar projetos de colegas. No uso do espaço, muita ênfase é dada à troca de experiências e conhecimentos entre os próprios estudantes. Além de viabilizar atividades eminentemente curriculares, ele também possibilita a realização de atividades extracurriculares, como projetos de grupos de extensão (robótica, automobilismo, foguetes, etc.), projetos da Poli Júnior e prototipação para projetos de Iniciação Científica.

13 LOPES, R. de D.; ZANCUL, E. de S. InovaLab@POLI – Inovação no Ensino de Engenharia. I In: SIMPÓSIO TEMÁTICO DA PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO DA USP: Inovações em Laboratórios de Ensino. **Anais**... São Paulo: 2014. Disponível em: http://www.prg.usp.br/wp-content/uploads/EP_RoseliLopes.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

FIGURA 2 – Inovalab@Poli E SEUS DIFERENTES AMBIENTES



Fonte: arquivo pessoal dos autores.

O Inovalab@Poli também abrigou a sede do Núcleo de Empreendedorismo da USP (NEU), um grupo estudantil com a missão de disseminar a cultura empreendedora entre os estudantes. A combinação entre tecnologia e mentalidade de negócios no mesmo espaço físico do Inovalab@Poli resultou na criação de sete *startups*, como a MVISIA que, em 2020, foi adquirida pelo grupo WEG.

O Inovalab@Poli também é parte fundamental no desenvolvimento de disciplinas de projetos de inovação (design), tendo como principais referências disciplinas da Universidade de Stanford, nos Estados Unidos,[14] e *Product Development Project* (PDP), da Universidade de Aalto, na Finlândia. A EPUSP faz parte de duas redes internacionais de universidades líderes no ensino de projetos de inovação – Sugar Network[15] e Design

14 CARLETON, T.; LEIFER, L. Stanford's ME310 Course as an Evolution of Engineering Design. In: PROCEEDINGS OF THE 19TH CIRP DESIGN CONFERENCE. **Anais**... Cranfield: 2009.

15 Para maiores informações, consultar o link: http://www.sugar-network.org/

Factory Global Network.[16] As universidades líderes participantes dessas redes praticam o ensino de projetos de inovação com a duração em geral de um semestre, por meio de desafios reais propostos por empresas parceiras, com ampla ênfase na prototipagem das soluções. Essas metodologias são aplicadas no contexto dos cursos da EPUSP por meio de disciplinas em que os estudantes atuam em equipes multidisciplinares, formadas tipicamente por três a quatro estudantes de Engenharia, um estudante de Administração ou Economia, um estudante de Design ou Arquitetura e um estudante de outras áreas da USP (Biologia, Letras, etc.). As empresas parceiras interagem intensamente com as equipes, comprometem-se com atividades de acompanhamento e orientação e cobrem os gastos com materiais para prototipagem. A realização de mais de 60 projetos desenvolvidos por mais de 400 estudantes gerou quatro pedidos de depósito de patente, a criação de sete *startups* e o reconhecimento com o Prêmio Santander – Guia do Estudante de Inovação no Ensino.

Esse conjunto coeso de infraestrutura e didática complementa a formação dos estudantes em competências essenciais para a inovação e o empreendedorismo.

Adicionalmente, a EPUSP desenvolve parcerias duradouras que fomentam a inovação e empreendedorismo na graduação. Entre os parceiros está a Associação dos Engenheiros Politécnicos (AEP), que funciona como um catalisador, identificando as demandas e ofertas do mercado de trabalho, e o Fundo Patrimonial Amigos da Poli (FPAP), que promove a inovação, especialmente na educação em Engenharia, lançando anualmente editais que contemplam projetos de docentes e também financiamento de atividades extracurriculares desenvolvidas por estudantes.

5 INTERNACIONALIZAÇÃO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A Escola Politécnica da USP, que estabeleceu, em 2000, o primeiro programa de duplo diploma de graduação da Universidade de São Paulo, possui atualmente um dos principais programas de internacionalização em Engenharia do Brasil, com cerca de 100 acordos acadêmicos internacionais e 23 programas de duplo diploma de graduação.

De 2001 a 2019, 4.553 estudantes da EPUSP realizaram programas de intercâmbio no exterior (Europa, Américas e Ásia), dos quais 1.360 em programas de duplo diploma; nesse mesmo período, 1.930 estudantes estrangeiros realizaram intercâmbio na EPUSP.

16 Para maiores informações, consultar o link: https://dfgn.org/

Hoje, aproximadamente, 25% dos estudantes de graduação da POLI têm experiência no exterior por meio desses programas, por vezes, inclusive, realizando estágios no exterior. Ressalta-se que os convênios são realizados com instituições de ensino estrangeira que possuem posição de destaque em seus países e em *rankings* internacionais consagrados.

Em 2003, a EPUSP foi a primeira escola não europeia a integrar a associação Top International Managers in Engineering (T.I.M.E), que congrega as principais instituições que possuem programas de duplo diploma. Além dessa associação, a EPUSP protagonizou a inclusão da Universidade de São Paulo em outras importantes redes internacionais, como a Rede Magalhães e a Rede Cluster – Consortium Linking Universities of Science and Technology for Education and Research.

Os contatos realizados com instituições estrangeiras têm levado à criação de laboratórios e a redes em comum, tanto no ensino quanto na pesquisa. Exemplos recentes são a criação do Laboratório Internacional Associado James Clerk Maxwell (LIA-Maxwell) com as Escolas Centrais da França e a implantação do Design Factory São Paulo, que integra a rede internacional com sede na já mencionada Aalto University, da Finlândia, além da participação em vários projetos Erasmus da União Europeia.

6 ACOMPANHAMENTO DE EGRESSOS: O ALUMNI USP

A Poli-USP participou do desenvolvimento da plataforma Alumni-USP em parceria com a Superintendência de Tecnologia da Informação (STI) da USP, sendo que a missão atual é criar uma rede de antigos estudantes de graduação e pós-graduação para proporcionar o contato entre os colegas, ampliar seu *networking*, oferecer oportunidades de trabalho e oferecer educação continuada.

O portal Alumni USP nasceu, em 2016, com o intuito de reunir os estudantes de graduação e de pós-graduação formados na Universidade de São Paulo. Além de gerar estatísticas sobre os antigos estudantes, o portal Alumni USP também disponibiliza ferramentas atrativas, melhorando o relacionamento da USP com esse público.

Em meados de 2020, o portal Alumni USP alcançou a marca de 70 mil ex-estudantes de graduação, mestrado e doutorado da Universidade de São Paulo cadastrados. São mais de 48 mil ex-estudantes de graduação e 35 mil ex-estudantes de pós-graduação. Trata-se de um número expressivo, considerando que a inscrição é voluntária e até a criação da plataforma, em outubro de 2016, não era comum haver outras plataformas de ex-estudantes das universidades em nosso País.

7 ACOLHIMENTO PSICOPEDAGÓGICO E SOCIAL

A vida dos estudantes universitários contempla imensas oportunidades. A cultura ocidental considera os anos de universidade como uma época de transição e um ritual de passagem, um período de descobertas e um passo na direção de uma vida com propósito. Os estudantes passam a ter a oportunidade de diluir o que eram e descobrir o que querem ser. Para alguns, essa grande transformação inspira confiança em si mesmo, mas para outros gera exatamente o oposto.

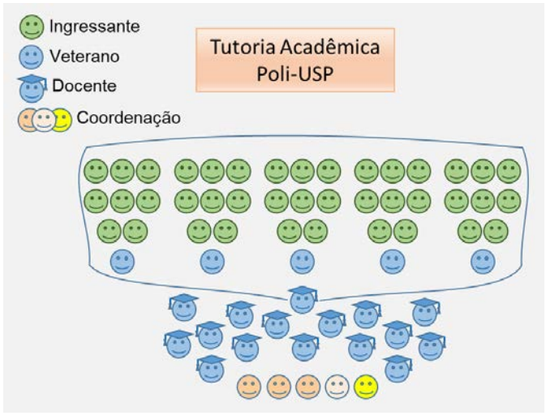
A missão da universidade também envolve criar um ambiente acolhedor, que minimize essas tensões, disponibilizando conhecimentos básicos, que são pré-requisitos ao ingresso nas atividades dos cursos de graduação, além de orientações aos ingressantes, visando melhorar suas condições de permanência no ambiente da educação superior. Antes mesmo da promulgação das novas DCNs de Engenharia, foi criado um programa de acolhimento na EPUSP que segue o modelo participativo, não hierarquizado. Foram estabelecidos três eixos, sendo o primeiro voltado ao bem-estar mental da comunidade politécnica, criando um espaço de diálogo e orientação, mapeando equipamentos disponíveis na universidade e no serviço público. O segundo eixo visa melhorar os espaços físicos com intervenções ou obras que tornem o ambiente mais agradável. O terceiro eixo visa melhorar o convívio em sala de aula, estimulando o desenvolvimento de práticas pedagógicas contemporâneas e estimulando a maior participação dos estudantes.

Outra ação relevante, visando criar uma ponte entre o ensino médio e o primeiro ano no ensino superior, é a disponibilização de aulas gravadas e interativas para os ingressantes desde o dia em que sai a primeira lista de aprovados na Fuvest e no Sisu, com conteúdo especialmente desenvolvido para auxiliar na travessia entre o ensino médio (tradicional ou profissionalizante) e o começo no curso de Engenharia, principalmente contemplando conteúdos integrados de cálculo e física. As aulas podem ser acessadas publicamente no ambiente virtual de aprendizagem da USP.[17]

Vale registrar, ainda, o projeto Tutoria Acadêmica para Ingressantes, que está montando, com consultoria especializada, uma estrutura de acolhimento em árvore, em que, no máximo, 10 ingressantes têm como referência um veterano tutor e cada cinco veteranos tutores têm como referência um docente, como mostra a figura 3.

17 Para maiores informações, consultar o link: https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=72684

FIGURA 3 – Estrutura do projeto Tutoria Acadêmica para Ingressantes da EPUSP



Fonte: elaboração própria.

Acolher envolve o trabalho em rede. Foram fortalecidos os vínculos com: a) Escritório de Saúde Mental da USP, que faz um primeiro acolhimento em saúde mental de estudantes, sendo uma porta de entrada para demais serviços disponíveis na área de saúde; b) Superintendência de Assistência Social da USP, que desenvolve o Programa de Apoio à Permanência e Formação Estudantil voltado a estudantes em situação de vulnerabilidade socioeconômica, oferecendo bolsas, alimentação e moradia; c) Associação dos Engenheiros Politécnicos, que desenvolve o programa Retribua, oferecendo bolsas e mentoria; e d) Fundo Patrimonial Amigos da Poli, que, por meio do Programa de Carreiras, desenvolve e prepara estudantes para o mercado de trabalho.

8 CAPACITAÇÃO DOCENTE

A capacitação docente é contemplada na estrutura de progressão da EPUSP e faz parte dos processos oficiais para progressão horizontal e vertical na carreira docente. O Programa PIM-PMG, já mencionado, contribui de forma valiosa nesse sentido.

Em 2019, foi realizado o Seminário em Práticas Inovadoras no Ensino e Aprendizagem em Engenharia, onde foram apresentadas experiências inovadoras de 36 disciplinas da EPUSP, incluindo disciplinas dos Institutos de Física e de Matemática, além de palestra de especialista em aprendizagem ativa.[18] Nesse evento, houve uma oficina de um dia com docentes e estudantes, conduzida por empresa especializada, para pensar, discutir e produzir um documento estratégico com propostas ao futuro do ensino e da aprendizagem

18 Para maiores informações, consultar o link: https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=69411

da Engenharia da EPUSP. Essas ações estão detalhadas em artigo apresentado no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge) 2019,[19] em especial a visão de futuro para ações específicas a serem desenvolvidas nos cursos da EPUSP (figura 4).

FIGURA 4 – Diretrizes – cinco eixos para o futuro da educação em Engenharia que devem guiar o ensino e aprendizagem em Engenharia na EPUSP



Fonte: Escola Politécnica da USP.

No início de 2020, uma semana antes da decretação do isolamento social, houve uma oficina sobre aula invertida promovida pelo professor Robert Talbert,[20] autor, especialista e evangelizador da aprendizagem invertida no ensino superior. A oficina envolveu professores da Poli e dos institutos de Física e de Matemática.

19 SEABRA, A. C. et al. **Coletânea Especial PMG-EUA-COBENGE-2019**. Disponível em: http://www.abenge.org.br/cobenge/2019/arquivos/Coletanea_sessao_especial_PMG_EUA_COBENGE_2019.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

20 TALBERT, R. **Guia para Utilização da Aprendizagem Invertida no Ensino Superior**. Porto Alegre: Editora Penso, 2019.

Há, também, um grupo permanente de pesquisa que envolve docentes e estudantes de pós-graduação e realizou três seminários internacionais em educação de Engenharia, tendo por temas *Pesquisa da área de educação em engenharia*,[21] *Publicações na área de educação em engenharia*[22] e *Acreditação e avaliação de instituições*.[23]

Também foi oferecido, nos últimos três anos, pelo professor Edson Fregni, especialista em ensino on-line e docente do Departamento de Engenharia de Computação da EPUSP, um curso sobre Ensino Hibrido, que totalizou cerca de 100 docentes capacitados.

Adicionalmente, a EPUSP oferece sistematicamente um curso de Didática no Ensino Superior de 30 horas para os novos professores. A capacitação foi de forma remota em 2020 e cerca de 30% dos docentes da EPUSP já o realizaram.

Na pós-graduação, a EPUSP disponibiliza uma disciplina intitulada Tecnologia no Ensino de Engenharia, oferecida duas vezes por ano, com uma média de 20 a 30 estudantes por turma há mais de 10 anos. Além dessa disciplina, há um conjunto de palestras na área de Educação no segundo semestre, todos os anos, e um programa de estágio em disciplinas de graduação oferecido todo semestre que é obrigatório aos estudantes de doutorado.

9 AVALIAÇÃO DE CURSOS E DISCIPLINAS

A Escola Politécnica da USP desenvolveu e utiliza, há mais de 15 anos, um processo de avaliação de disciplinas. O processo envolve tanto as disciplinas do ciclo básico quanto as demais. Esse processo envolve a comissão do ciclo básico, as comissões de curso e uma comissão de avaliação que cuida dos processos de avaliação das disciplinas, dos docentes, da infraestrutura e dos cursos.

Em todos os semestres, são aplicados questionários de avaliação das disciplinas, dos docentes, da infraestrutura e dos cursos nos quais os estudantes (representantes de classe) podem incluir até cinco perguntas no formulário e realizam a coleta e a interpretação dos dados qualitativos. A devolutiva é feita em reunião com os docentes das disciplinas, os representantes de classe e os coordenadores de curso. O objetivo é realizar uma correção de rumos, tanto no semestre quanto nos oferecimentos posteriores. Um novo sistema está sendo implantado em colaboração com a Escola de Engenharia de Lorena da USP, que permitirá maior automação desse processo.

21 Para maiores informações, consultar o link: https://sites.google.com/site/polieducventos/international-seminar

22 Para maiores informações, consultar o link: https://sites.google.com/site/polieducventos/2nd-annual-international-seminar-on-engineering-education-POLI-edu

23 Para maiores informações, consultar o link: http://www.polieduusp.com/

Está em fase de desenvolvimento um sistema que visa auxiliar os estudantes na análise de seu desempenho acadêmico, prevendo quais as temáticas que eles individualmente encontram mais desafios e, em função de seu desempenho contínuo, qual a perspectiva de concretização do curso em número de anos. Isso permitirá ao estudante visualizar o seu desempenho semestre a semestre, sendo possível traçar e planejar cenários para o seu percurso formativo.

10 ESTIMULANDO TALENTOS NASCENTES

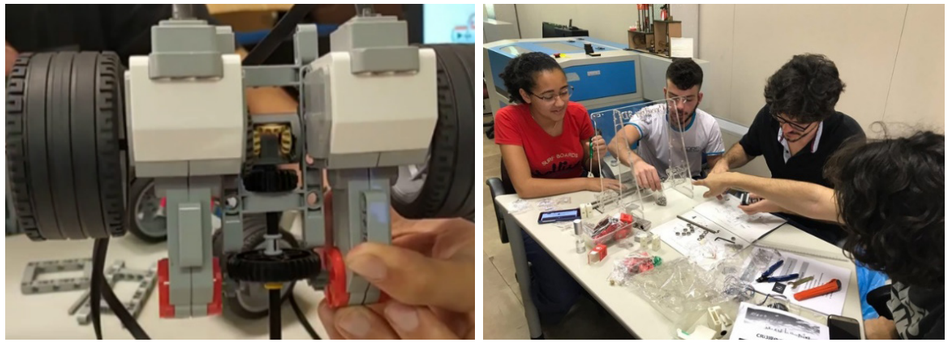
A atração e o desenvolvimento de talentos também ocorrem antes do início do ingresso na universidade. A EPUSP realiza atividades de aproximação entre o ensino médio e o mundo da Engenharia. A seguir, são apresentados dois programas que, ao mesmo tempo, desenvolvem talentos e estimulam os futuros estudantes a ingressar em um curso de Engenharia.

10.1 PROGRAMA DE PRÉ-INICIAÇÃO CIENTÍFICA

O Programa de Pré-Iniciação Científica da USP é uma iniciativa que apoia projetos que possibilitem despertar e incentivar o interesse de estudantes da rede pública de ensino médio pelo estudo e pela pesquisa nas áreas de tecnologia. Ele tem como foco o acompanhamento de atividades e convivência com os procedimentos e as metodologias adotadas em pesquisa científica, oferecendo, assim, oportunidades de complemento da formação pessoal, aprimoramento de conhecimentos e preparo para a vida profissional. Por meio desse programa, eles desenvolvem os conceitos da metodologia científica e metodologia de projeto. Trata-se de um estímulo para que os estudantes questionem o que estão aprendendo e sejam o principal agente de seu aprendizado, passando a pensar, questionar e buscar o conhecimento.

Nas escolas de origem, tais estudantes multiplicam o que aprendem na EPUSP e criam células de conhecimento voltadas a um grupo maior de estudantes, transformando a realidade da escola, da família e até da comunidade em que estão inseridos. Na figura 5, estão ilustradas algumas dessas atividades em Domótica e em Modelagem.

FIGURA 5 – Imagens de atividades no programa de Pré-Iniciação Científica da EPUSP



Fonte: arquivo pessoal dos autores.

10.2 FEBRACE: UMA INTERAÇÃO AMPLA COM O ENSINO MÉDIO

A Escola Politécnica da USP é responsável pela coordenação e realização da Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (Febrace), criada em 2002, e que se consolidou como um programa de excelência e abrangência nacional, capaz de induzir e servir de referência para outros programas, projetos e ações, em todo o País, voltados ao estímulo à cultura científica, à inovação e ao empreendedorismo em C&T na educação básica (fundamental e média) e profissionalizante.

Articulado a um conjunto de ações de formação e disseminação voltadas a identificar, valorizar e desenvolver novos talentos, a Febrace realiza, anualmente, na USP um grande evento que reúne jovens talentos pré-universitários e respectivos orientadores, selecionados de escolas públicas e privadas das 27 Unidades da Federação.

O impacto gerado é observado pela evolução de indicadores quantitativos e inúmeras histórias de professores e estudantes: professores que encontraram formas de motivar e engajar seus estudantes, estudantes que descobriram suas vocações e entraram nas melhores universidades, investindo em suas carreiras científicas e tecnológicas.

A Febrace tem dado visibilidade nacional e internacional a estudantes e professores protagonistas, articulando novas oportunidades e divulgando exemplos concretos que despertam e motivam novos talentos para Ciências e Engenharia.

A participação em feiras de ciências e mostras científicas tem mobilizado professores e estudantes da educação básica e é importante estratégia pedagógica para a educação científica e a difusão da ciência, constituindo-se, portanto, em fundamental instrumento para melhoria da educação. Os professores de ensino médio assumem papéis de

orientadores, estimulam a criatividade de seus estudantes e lhes oferecem oportunidades de compartilhar experiências e descobertas. Os estudantes, por sua vez, expressam suas ideias de múltiplas formas, com visão crítica, e mostram que podem escolher, observar, criar hipóteses, colocar estratégias em prática, planejar, avaliar e inovar, tendo o ser humano e o meio ambiente no centro de suas atenções.

11 INTERAÇÃO COM EMPRESAS

A Escola Politécnica da USP interage com empresas do setor público e privado, órgãos de governo e organizações não governamentais nas diversas áreas de Engenharia.

Exemplos de convênios recentes com a Rockwell Automation e Samsung, Ambev, Banco Itaú, entre outros, permitiram criar centros de capacitação e apoio à graduação com oferecimento de bolsas para estudantes e equipamentos para laboratórios didáticos de pesquisa de vários cursos. Seguindo o modelo de graduação da EPUSP, onde o estudante tem a possibilidade de definir parte substancial de seu percurso formativo e há uma integração curricular entre a graduação e a pós-graduação (pré-mestrado), essas iniciativas permitem que os estudantes participem de desenvolvimentos estabelecidos pelas empresas parceiras.

Já os cursos no modelo quadrimestral permitem o internato em empresas dos estudantes por cinco trimestres intercalados com atividades na escola.

Um modelo intermediário entre o ambiente na escola e o internato na empresa é quando uma disciplina define um caso real proveniente do mercado e desenvolve-o junto a uma empresa. Isso exige atividades na escola e na empresa, com a participação de especialistas da escola e da empresa. Este é um exemplo nascente e em implantação.

Outro exemplo de sucesso são as três unidades Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) da EPUSP, voltadas à inovação industrial, envolvendo estudantes em projetos de ponta e empreendedorismo.

Também as iniciativas promovidas por grupos estudantis são relevantes, como é o caso do Workshop Integrativo, organizado pela empresa Poli Júnior, que se transformou na maior Feira de Recrutamento da América Latina. Com mais de 30 anos de experiência, há a realização de uma feira que promove a aproximação entre universitários e o mercado de trabalho, por meio de um espaço no qual as empresas valorizam sua marca e apresentam suas oportunidades aos estudantes.

A participação das empresas na definição do novo perfil do egresso ainda está em construção, seja para o desenvolvimento das competências gerais dos cursos de Engenharia,

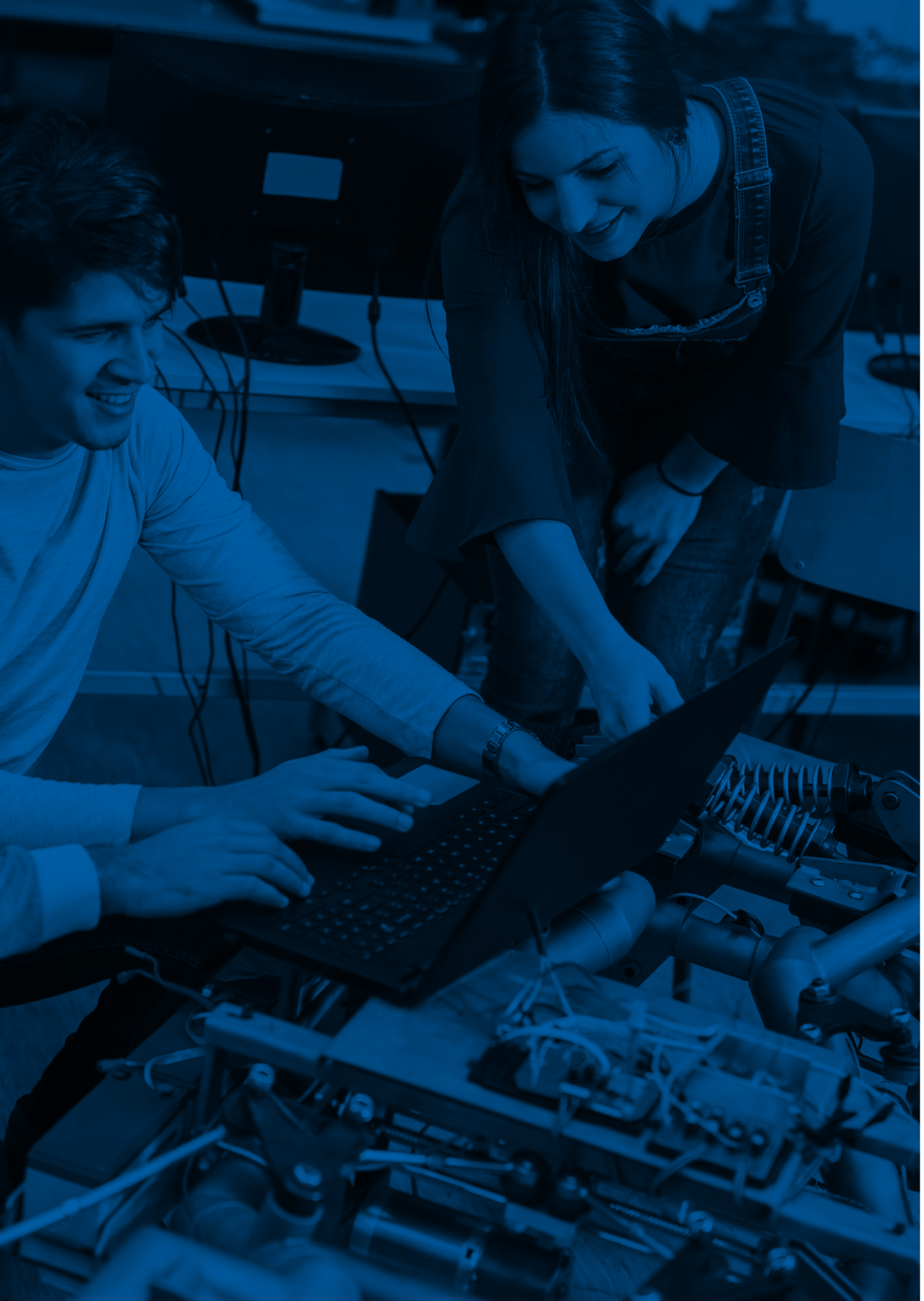
seja para atuar de maneira autônoma; interagir em grupos socialmente heterogêneos e utilizar efetivamente as tecnologias disponíveis.[24]

Já a definição de competências específicas é tratada ao nível de cada habilitação, envolvendo em geral discussões com empresas do setor que se transformam em propostas curriculares como aquelas mencionas anteriormente.

12 CONCLUSÃO

A Escola Politécnica da USP oferece uma formação de graduação de alto nível na sua graduação e pós-graduação integrando atividades de pesquisa e extensão à graduação, seja diretamente no currículo de graduação, seja oferecendo possibilidades complementares que fortalecem e enriquecem essa formação. Procurou-se aqui apresentar ações que a Escola Politécnica da USP realizou e está realizando, alinhadas aos temas propostos nas novas diretrizes dos cursos de Engenharia do Brasil.

24 OCDE, 2016.



CAPÍTULO 11

CONSTRUÇÃO DE CURRÍCULO POR COMPETÊNCIAS NAS ENGENHARIAS: LIÇÕES APRENDIDAS NA PUCPR

Elisangela Ferretti Manffra[1]
Francine Valenga[2]
Ricardo Alexandre Diogo[3]
Ricardo José Bertin[4]
Tiago Francesconi[5]
Andreia Malucelli[6]

1 INTRODUÇÃO

A transição dos currículos para formação por competências na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) foi uma iniciativa institucional que começou a ser planejada no ano de 2015 e consistiu em um grande desafio abraçado por todos os níveis hierárquicos: reitoria, pró-reitoria de graduação, professores e estudantes. Culminou com o Plano de Desenvolvimento da Graduação,[7] documento que, atento às demandas da sociedade e da crescente complexidade do mercado profissional, conceituou:

> [...] o ensino de graduação deve ser estruturado de forma a desenvolver um egresso com perfil de excelência, ou seja, um profissional-cidadão com elevado nível técnico; autônomo, ético, solidário e responsável; criativo e capaz de produzir conhecimento e inovação; agente de transformação da sociedade; capaz de comunicar-se de forma eficaz com seus interlocutores e de trabalhar de forma colaborativa.[8]

O modelo processual da graduação planejado foi fundamentado em oito pilares e analisou o perfil do ingressante e o perfil pretendido do egresso (figura 1), que está alinhado às demandas da sociedade e do setor produtivo.

---

1 Membro do Centro de Ensino e Aprendizagem (CrEAre) da PUCPR e professora da Escola Politécnica.

2 Membro do Núcleo de Excelência Pedagógica e professora da Escola Politécnica da PUCPR.

3 Coordenador do PIM-Fulbright e professor da Escola Politécnica.

4 Coordenador do Núcleo de Excelência Pedagógica e professor da Escola Politécnica da PUCPR.

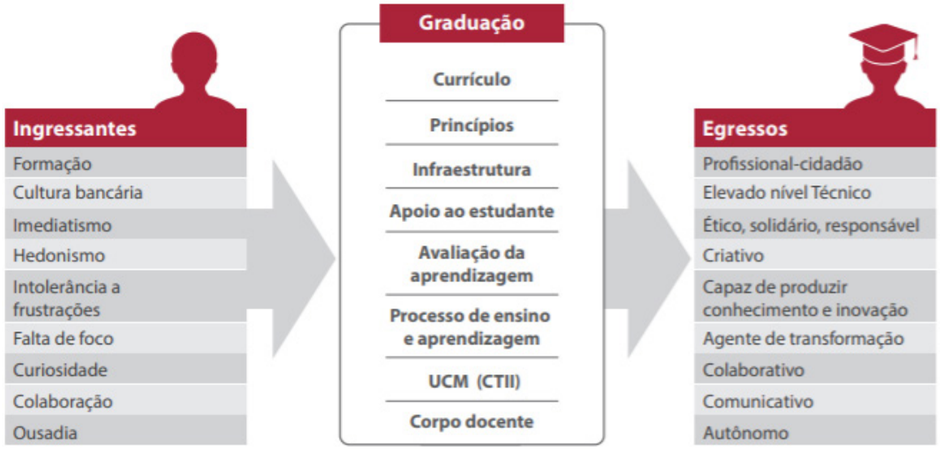
5 Coordenador do Núcleo Comum das Engenharias e professor da Escola Politécnica da PUCPR.

6 Decana da Escola Politécnica da PUCPR.

7 PUCPR. **Plano de Desenvolvimento da Graduação.** Curitiba: PUCPRess, 2016.

8 Idem, ibidem, p. 22.

FIGURA 1 – Visão processual da graduação



Fonte: adaptado de PUCPR.[9]

O processo foi realizado em etapas e contou com o apoio do Centro de Ensino e Aprendizagem (CrEAre) da PUCPR. A criação do centro, junto com outras ações institucionais, compuseram a estratégia da universidade para inovação dos processos de ensino-aprendizagem, iniciado ainda em 2014.[10] A exemplo de outros centros semelhantes em nível internacional, o CrEAre dá suporte aos gestores e docentes em relação às questões pedagógicas. Com um programa de formação docente organizado em eixos temáticos de aprendizagem ativa, avaliação e competências,[11] foi possível engajar a comunidade docente para mudar suas práticas em sala de aula, pavimentando o caminho para o ensino orientado a competências.

Para elaboração dos currículos por competências, o CrEAre foi responsável por auxiliar a pró-reitoria acadêmica na escolha do referencial teórico; elaborar e ofertar formações sobre competências para gestores e professores; auxiliar os Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs) dos cursos na escrita das competências e na elaboração dos currículos.[12]

9 Idem.

10 MARTINS, V.; SPRICIGO, C. B.; OLIVEIRA, J. R.; VOSGERAU, D. S. R.; MANFFRA, E. F. 2017. Estratégia de inovação das práticas pedagógicas no ensino superior: a experiência da PUCPR. *In*: YAÑEZ, , Oscar Jerez et al. (Org.). Innovando En Educación Superior: Experiencias Clave En Latinoamérica Y El Caribe 2016-2017. **Portal Libros Electrónicos**, Universidad de Chile, Facultad de Economía y Negocios, p. 35-44, 2017. Disponível em: Innovando en la educación superior: experiencias clave en Latinoamérica y el Caribe 2016-2017. Volumen 1: gestión curricular y desarrollo de docencia | Universidad de Chile (uchile.cl). Acesso em: 18 abr. 2021.

11 VOSGERAU, D. S. R.; SPRICIGO, C. B.; MANFFRA, E. F.; MEYER, P. Caminhos na preparação do professor universitário para incentivar práticas de aprendizagem ativa. *In*: FOFONCA, E.; BRITO, G. S.; ESTEVAM, M.; CAMAS, N. P. V. (Org.). **Metodologias pedagógicas inovadoras:** contextos da educação básica e da educação superior. 1. ed. Curitiba: IFPR, 2018. p. 169-180. Disponível em: https://reitoria.ifpr.edu.br/v1-metodologias-pedagogicas-inovadoras_-contextos-da-educacao-basica-e-da-educacao-superior-editora-ifpr-2018/

12 VOSGERAU, D. S. R.; NICOLA, R. M. S.; MANFFRA, E. F.; SPRICIGO, C. B.; BAHTEN, A. C. V.; MARTINS, V. O desafio da mobilização institucional rumo à avaliação por competências. **Revista Internacional de Aprendizaje en Educación Superior**, v. 7, p. 59-78, 2020.

Dado o caráter polissêmico da palavra competências,[13] era necessário definir um referencial teórico para orientar o desenvolvimento dos currículos, de forma harmônica, em toda a instituição. Após pesquisas, adotou-se como referência o livro de Scallon[14] dedicado à avaliação das competências, pois entendeu-se que de nada adiantaria desenvolver um ensino orientado a competências, sem métodos para avaliar seus resultados.

A definição empregada por Scallon consiste resumidamente em: *a competência é um saber-agir baseado na mobilização e utilização interiorizadas e eficazes de um conjunto integrado de recursos tendo em vista resolver uma família de situações-problema.*[15] Os recursos mencionados na definição correspondem a três tipos de saberes: saber (conhecimento), saber-fazer e saber-ser. A definição foi representada graficamente para apresentação à comunidade universitária (figura 2). Atualmente, os gestores, os professores e os estudantes recebem informação e formação sobre esse conceito de competência, para que todos trabalhem juntos em prol do desenvolvimento das competências ao longo dos currículos.

FIGURA 2 – Representação gráfica do conceito de competências adotado pela PUCPR



Fonte: PUCPR.[16]

13 NICOLA, R. de M.; VOSGERAU, D. S. R. Conceitos e enfoques em competências nas pesquisas brasileiras: uma revisão narrativa. **Revista E-Curriculum**, 2019.

14 SCALLON, G. **Avaliação da aprendizagem numa abordagem por competências**. PUCPRess, 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=gWEwDwAAQBAJ. Acesso em: 7 mar. 2021.

15 Idem.

16 PUCPR, 2016.

Tendo em vista a definição adotada, uma competência consolida-se numa ação ou no conjunto de ações planejadas. Com base nessa visão, entende-se que todo engenheiro, independentemente de sua especialidade, precisa ter competências comuns para solucionar problemas de contexto real e gerir recursos para atingir seus objetivos.

Consequentemente, foram definidas competências comuns e específicas a todos os egressos dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da PUCPR. As competências específicas de cada curso de Engenharia foram definidas por seus NDEs, e cada curso adotou uma estratégia diferente, de acordo com suas particularidades e do seu corpo docente.

Para definição das competências comuns, adotaram-se estratégias que serão descritas com mais detalhes na sequência. Nesse contexto, este capítulo objetiva apresentar a definição e evolução das competências comuns; o desenvolvimento das competências ao longo das disciplinas; a construção coletiva de planos de ensino, abordando a construção de resultados de aprendizagem; e a definição de indicadores de desempenho.

Espera-se, com os resultados aqui apresentados, apoiar outras instituições de ensino em Engenharia no desafio da criação ou adaptação dos seus currículos, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) de 2019.[17]

2 COMPETÊNCIAS COMUNS DOS CURSOS DE ENGENHARIA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA PUCPR

A Escola Politécnica da PUCPR é composta pelos cursos de Engenharia Biomédica, Engenharia Civil, Engenharia de Computação, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Mecatrônica, Engenharia de Produção e Engenharia Química. Inclui, também, cursos da área de Computação, sinérgicos com os de Engenharia, sendo Ciência da Computação, Cibersegurança, Engenharia de *Software*, Jogos Digitais, Segurança da Informação e Sistemas de Informação.

Ao longo dos tempos, sempre que se buscou opinião formal de profissionais e dirigentes de empresas ligadas ao setor de engenharia sobre a formação profissional, obteve-se a demanda, algo paradigmático, da formação do engenheiro pronto e completo. Aquele profissional utópico que, no dia seguinte ao da graduação, seria capaz de assumir todas as responsabilidades de gestão de uma obra, planta industrial ou projeto de processos e sistemas complexos com total autonomia, desenvoltura e conhecimento técnico, minimizando custos e maximizando receitas. O profissional assim formado, na visão empresarial,

17 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 7 mar. 2021.

se assemelharia a uma máquina pronta para *ser ligada na tomada* e funcionar. Consultas formais, como a descrita, ocorreram, por exemplo, quando da adaptação do currículo às antigas DCNs de 2002, sem surtir o efeito desejado. Com isso em mente, em 2017, quando o novo currículo por competência estava sendo pensado e discutido, cada um dos cursos fez consultas informais ao setor empresarial vinculado à sua área de atuação mais imediata. A informalidade permitiu comparar a realidade da formação oferecida à expectativa das empresas, sem viés utópico. Sem o paradigma do engenheiro *prêt-à-porter* (pronto para usar). O resultado obtido foi ao mesmo tempo convergente, nas áreas dos vários cursos, e surpreendente, mas não inesperado. As empresas, no geral, estavam satisfeitas com a formação teórica e técnica oferecida pela PUCPR, mas julgavam que esta poderia ser mais aplicada na solução de problemas do cotidiano. Várias empresas, em especial do setor de *startups* incubadas no parque tecnológica da PUCPR, referiram a necessidade de inovação, empreendedorismo e criatividade.

Estas consultas reforçaram nossa crença na transformação e na disrupção curricular sob a forma da transformação de disciplinas tradicionais nos cursos de Engenharia, como Desenho Técnico, Cálculo e Física, em disciplinas que, sem abrir mão do conteúdo, levasse o estudante à reflexão do papel da Engenharia na transformação do seu entorno. Assim foram criadas as disciplinas:

1) *Concepção e Design de Engenharia*: que emprega o conteúdo de desenho técnico como primeira etapa de projetos simples baseados em Concepção, Design, Implementação e Operação (CDIO) e na reflexão sobre o aprimoramento de produtos e processos por meio do *design thinking*;
2) *Modelagem e Simulação do Mundo Físico*: que, ao juntar os conhecimentos de cálculo e física, possibilita melhor instrumentalizar o aprendizado da física ao mesmo tempo que torna mais concreto o ensino do cálculo;
3) *Tecnologia em um Mundo em Transformação*: que, substituindo a Introdução à Engenharia, leva o estudante a refletir sobre o papel da Engenharia e da tecnologia na solução dos problemas da atualidade, ao mesmo tempo que introduz o método e a forma de pensar, características das engenharias.

Construído o currículo em fase de implementação, o próximo passo é a criação de Conselhos Empresariais por áreas afins de Engenharias e um Conselho Empresarial para a Escola Politécnica que seja voz permanente das organizações e permita melhorias constantes, relevantes e incrementais.

Nesse contexto, para os cursos de Engenharia, inicialmente, pensou-se em três competências comuns: uma voltada à concepção de soluções, uma à gestão e empreendedorismo e uma à pesquisa científica. Com o amadurecimento do processo e percepção do desenvolvimento dos estudantes em uma aprendizagem por competência, resolveu-se

recuar da decisão de tratar a pesquisa como algo equivalente entre os cursos, com visão acadêmica e descolada da prática profissional. Dessa forma, a competência voltada exclusivamente à pesquisa foi eliminada e incorporada às competências específicas dos cursos como elemento de competência.[18] Como resultado, as duas competências comuns dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da PUCPR foram, assim, definidas:

- Conceber soluções para problemas de contexto real, aplicando corretamente o método de engenharia, demonstrando autonomia, cooperação e precisão;
- Elaborar proposta de intervenção, mobilizando técnicas e ferramentas de gestão em uma perspectiva sistêmica, demonstrando responsabilidade social, ética e profissional.

Para que o egresso desenvolva as competências, um conjunto de elementos de competência foi elaborado segundo a lógica: os elementos correspondem a aprendizagens, que não são conteúdos, por exemplo *soft skills*, estratégias, processos, modos de pensar, típicos da Engenharia. Ao considerar a definição de competência adotada (figura 1), os elementos correspondem a saber-fazer e saber-ser. Na sequência, mapearam-se as competências previstas no art. 4º das DCNs[19] nas várias disciplinas, comparando-se com as competências e os elementos de competência da PUCPR. O quadro 1 ilustra esse mapeamento.

Muito embora ética seja um dos princípios da graduação da PUCPR e, portanto, tratada em todas as disciplinas, julgou-se melhor abordá-la com mais propriedade por meio da competência identitária nas disciplinas institucionais, ofertadas para todos os cursos da PUCPR, quais sejam Filosofia, Ética, Cultura Religiosa e Projeto Comunitário.

18 Elementos de competência: etapas de aprendizagem, sequenciais ou não, necessárias ao desenvolvimento da competência, não se confundindo com conteúdo.

19 BRASIL, 2019.

QUADRO 1 – Mapeamento das competências das DCNs nas disciplinas do Núcleo Comum

Disciplinas	Concepção e Design em Engenharia	Modelagem e Simulação do Mundo Físico	Química dos Materiais	Tecnologia em um Mundo em Transformação	Computação Aplicada à Engenharia	Modelagem de Sistemas	Modelagem de Sólidos	Engenharia no Mundo Biológico	Física do Movimento	Concepção de Soluções Baseadas em Aplicativos	Modelagem Avançada de Sistemas	Eletricidade e Aplicações	Empreendedorismo Inovador	Métodos Numéricos Computacionais	Métodos Quantitativos para Engenharia	Mecânica dos Sólidos	Fenômenos de Transporte e Aplicações
Competências das DCNs																	
I) Formular e conceber soluções desejáveis de Engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto	X	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
II) Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação		X	X			X	X		X		X	X					
III) Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos	X									X	X						
IV) Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia				X						X							
V) Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica	X		X														
VI) Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares																	
VII) Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão																	
VIII) Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação																	

Fonte: elaboração própria.

No quadro 2, são apresentados os elementos de competência de cada uma das competências do egresso. Ainda nesse quadro, apresenta-se a correlação entre as competências e os elementos de competência do Núcleo Comum e as características do perfil dos egressos, apresentadas no art. 3º das DCNs:[20]

- Ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;
- Estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;
- Ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;
- Adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;
- Considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;
- Atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

QUADRO 2 – Elementos de competência do Núcleo Comum

Competência Comum	Elementos de Competência	Características do perfil do egresso das DCNs de 2019
1	• Formular o problema com base em dados, sintomas, evidências, e suposições, demonstrando cooperação. • Aplicar métodos condizentes para solucionar problemas devidamente caracterizados, demonstrando precisão. • Analisar a adequação de soluções em relação a requisitos, restrições, riscos e benefícios. • Defender conclusões fundamentas descritas em registros formais demostrando autonomia.	I, II, III
2	• Identificar oportunidades de transformação no contexto no qual está inserido. • Elaborar plano de metas avaliando os impactos de diferentes abordagens e estratégias, demonstrando responsabilidade social, ética e profissional. • Analisar diferentes abordagens em relação a aspectos técnicos. • Defender proposta elaborada para intervenção (ou defender proposta para implementar intervenção).	I, IV, V, VI

Fonte: elaboração própria.

20 BRASIL, 2019.

3 NÚCLEO COMUM DAS ENGENHARIAS

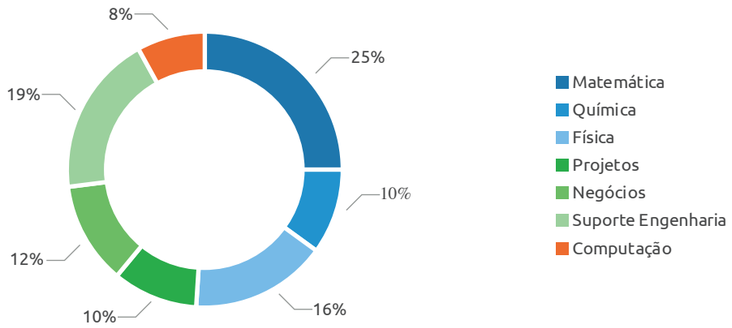
O grande desafio da construção curricular das Engenharias da PUCPR de 2018 foi integrar cursos com aplicações completamente diferentes para atender às competências semelhantes. As competências comuns são o alicerce para construção do embasamento técnico e científico dos futuros engenheiros, preparando-os para o desenvolvimento das competências específicas. Para o desenvolvimento das competências comuns, foi criado o Núcleo Comum das Engenharias que corresponde a um conjunto de disciplinas do currículo que é gerido por uma instância com esse mesmo nome. A lógica que norteou a construção do Núcleo Comum foi: *antes de ser engenheiro de uma especialidade, o estudante deve ser engenheiro*. Ou seja, pensar e agir como engenheiro generalista antes de ser especialista de uma das modalidades.

O Núcleo Comum das Engenharias ocupa-se das disciplinas básicas definidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais de todos os cursos de Engenharia. Sua estrutura está diluída ao longo da matriz dos cursos, tendo sua maior concentração nos três primeiros períodos. Esse desenho curricular permite algumas vantagens pedagógicas:

- Integração de alunos de todas as especificações de engenharia em uma mesma turma, proporcionando perspectivas heterogênicas na abordagem e no desenvolvimento de competências e elementos de competência;
- Desenvolvimento de atividades coletivas interdisciplinares em relação à especificação de engenharia, proporcionando maior aprimoramento interpessoal e profissional mais próximo à realidade do egresso;
- Possibilidade de uma escolha amadurecida da especificação da engenharia, considerando que as disciplinas específicas do curso ocorrem com um pequeno descompasso da formação básica;
- Formação de rede de relacionamento interpessoal entre as diferentes engenharias.

Do ponto de vista administrativo, o Núcleo Comum das Engenharias é independente e possui o mesmo nível de decisão das coordenações de curso. Quanto às áreas de conhecimento, está dividido em sete grandes eixos: Matemática, Física, Química, Projetos, Negócios, Computação e Suporte da Engenharia. A figura 3 apresenta o percentual de tamanho de cada eixo em relação ao número de horas nos cursos.

FIGURA 3 – Distribuição percentual dos eixos no Núcleo Comum em relação à carga letiva



Fonte: elaboração própria.

A participação da Escola Politécnica da PUCPR em vários eventos de discussão das DCNs, a partir de 2015, possibilitou vislumbrar o encaminhamento que estava sendo dado no Brasil para o ensino por competência no âmbito das Engenharias. Isso permitiu que os eixos do Núcleo Comum das Engenharias fossem dimensionados de tal forma que naturalmente se adequaram às exigências das DCNs dos cursos de graduação em Engenharia, publicadas em 2019, especificamente o parágrafo 9º, inciso 1º, que determina:

> § 1º Todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar os seguintes conteúdos básicos, dentre outros: Administração e Economia; Algoritmos e Programação; Ciência dos Materiais; Ciências do Ambiente; Eletricidade; Estatística. Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; Desenho Universal e Química.[21]

A partir das competências comuns, os cursos discutiram em grandes fóruns e entraram em consenso sobre o nível de abordagem utilizado para atender a todos. É senso comum que, em relação aos diversos temas de estudo, sempre há uma distribuição desfavorável. Dessa forma, decidiu-se que temas de estudo necessários a uma determinada Engenharia que não foram abordados pelo Núcleo Comum, para o alcance da competência, seriam providos por cada um dos cursos nas disciplinas específicas em exemplo de *learning on demand*. A figura 4 apresenta uma relação das disciplinas que compõem cada eixo do Núcleo Comum, em relação ao posicionamento dos conteúdos exigidos pela diretriz curricular.

21 BRASIL, 2019.

FIGURA 4 – Relação entre disciplinas dos eixos e conteúdos exigidos pelas DCNs



Fonte: elaboração própria.

3.1 DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS NAS DISCIPLINAS

Cada disciplina deve contribuir com seu conteúdo para o desenvolvimento das competências. Para tanto, um ou mais elementos de competência é atribuído a cada disciplina, definindo-se, assim, sua responsabilidade no currículo. Os elementos são transversais e, portanto, trabalhados em várias disciplinas ao longo do currículo.

A partir dos elementos de competência que lhe foram designados e da lista de temas de estudo, foram definidos os resultados de aprendizagem (RA) de cada disciplina. Os RAs indicam o que o estudante deveria ser capaz de fazer ao fim da disciplina.[22] Os resultados de aprendizagem são essenciais ao planejamento do ensino da disciplina e são definidos pelo NDE em conjunto com os professores das disciplinas. O planejamento da disciplina é realizado na PUCPR por meio de um processo reflexivo em que a aprendizagem é o elemento central e não a transmissão do conteúdo.[23]

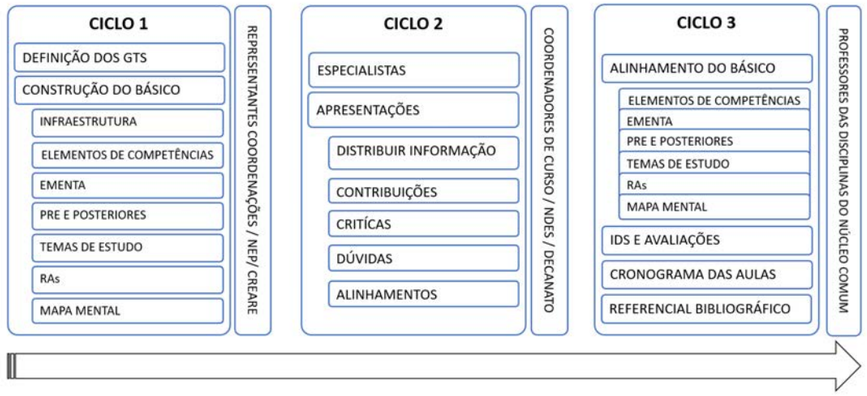
22 BIGGS, J.; TANG, C. **Teaching for quality learning at university: what the student does**. McGraw-Hill, 2007. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=TBadAAAAMAAJ. Acesso em: 7 mar. 2021.

23 SPRICIGO, C. B.; MANFFRA, E. F.; SAROYAN, A. A course design workshop as a possible path from a content-centered to a learning-centered teaching. **Revista Diálogo Educacional**, v. 17, n. 52, p. 337, 2017.

3.2 PLANOS DE ENSINO DAS DISCIPLINAS DO NÚCLEO COMUM

A elaboração dos planos de ensino das disciplinas do Núcleo Comum em uma matriz por competência foi um processo sistemático e coletivo, composto por três grandes ciclos, desenvolvidos por: coordenadores de curso, professores dos diversos cursos que atuariam ou não nas disciplinas, Núcleo de Excelência Pedagógica (NEP) e apoio pedagógico (CrEAre). O processo de construção durou em torno de um semestre. A figura 5 apresenta o fluxo desses ciclos.

FIGURA 5 – Fluxo dos ciclos de construção das disciplinas do Núcleo Comum



Fonte: elaboração própria.

Ciclo 1: Construção dos planos de ensino do Núcleo Comum

No primeiro ciclo do desenvolvimento, foram estruturados grupos de trabalho com o objetivo de avaliar o mapeamento de competência atribuídos às disciplinas previstas para o semestre seguinte. Nessa análise, foram ponderados os níveis de interação dos elementos de competência em relação à estratégia de aprendizagem, como por exemplo, se os elementos serão internalizados, mobilizados ou certificados[24] nas disciplinas. Com a validação do mapeamento de interação definido em relação à matriz por competência, o grupo – basicamente formado por representantes das coordenações, professores do NEP e representantes do CrEAre – desenvolveu diretrizes para nortear os planos de ensino, como a definição de infraestrutura, a construção da ementa, a relação de disciplinas precedentes e posteriores, os temas de estudo, os resultados de aprendizagem e o mapa mental das disciplinas.

Ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento, ocorreu um momento de avaliação do trabalho inicial desenvolvido para construção dos planos de ensino.

Ciclo 2: Construção dos planos de ensino do Núcleo Comum

O segundo ciclo iniciou-se com um grande fórum de discussões, reunindo os professores do grupo de desenvolvimento do primeiro ciclo, o grupo de professores especialistas, normalmente composto pelos NDEs de cada curso, e os coordenadores de curso. Nesse fórum, considerando o envio dos materiais antecipadamente, os planos de ensino de cada disciplina foram apresentados e discutidos. Todos os cursos tiveram o direito de se manifestar mapeando pontos de melhoria e alinhamento dos resultados de aprendizagem em relação ao alcance das competências. O grande desafio desse processo foi alcançar o equilíbrio entre as contribuições dos diversos grupos, permitindo ajustes equivalentes que atendam, de maneira satisfatória, às necessidades básicas de todas as especialidades.

Ciclo 3: Construção dos planos de ensino do Núcleo Comum

No terceiro ciclo de desenvolvimento, os professores que atuariam nas disciplinas foram envolvidos no grupo de trabalho. Esta etapa teve como objetivo ajustar os planos de ensino com base nas informações obtidas no fórum do segundo ciclo e finalizá-los. Após entendimento e revisão do que foi construído nos ciclos anteriores, os professores retomaram o desenvolvimento do plano, discutindo a metodologia de avaliação, o cronograma de atividades e o fechamento do referencial bibliográfico. No alinhamento construtivo, foram identificados os indicadores de desempenho para cada resultado de aprendizagem, ligados a um ou a mais elementos de competência, assim como metodologias ativas que seriam empregadas para que se alcançasse o resultado esperado. O cronograma de atividades prevê a descrição do dia a dia das disciplinas detalhando suas atividades preparatórias e a descrição do plano de aula correlacionada aos temas de estudo, identificados no referencial bibliográfico.

Durante a reunião dos professores, foram efetuadas ações pedagógicas de apresentações de resultados de disciplinas precedentes para disseminação de boas práticas e dos pontos de melhoria. Os professores das diferentes disciplinas foram reunidos durante a finalização dos planos de ensino, para que fizessem um mapeamento coletivo das atividades planejadas para o semestre, identificando e reduzindo a sobrecarga cognitiva dos estudantes.

24 A PUCPR divide o desenvolvimento da competência em três níveis: **internalização**, nível no qual o aprendiz tem os primeiros contatos com saberes e, ainda, não os mobiliza de forma autônoma para a solução de problemas, com algum grau de complexidade sem auxílio docente; **mobilização**, nível no qual o aprendiz mobiliza conhecimentos com certa autonomia e os integra para a solução de problemas, com grau de complexidade maior com apoio docente; **certificação**, nível no qual o aprendiz mobiliza e integra conhecimentos, com total autonomia para solução de problemas complexos.

3.3 CONCLUSÃO DO CICLO DE CONSTRUÇÃO DOS PLANOS DE ENSINO DO NÚCLEO COMUM[25]

Na conclusão dos três ciclos, houve, novamente, um grande fórum de discussões. Dessa vez, o objetivo era a validação do que foi desenvolvido. Antes do evento, os planos de ensino foram divulgados para o grupo de professores especialistas (NDE dos cursos) e, durante o evento, cada um dos planos de ensino foi apresentado para discussões. Ao término do evento, os planos de ensino das disciplinas estavam validados, permitindo-se ajustes durante o decorrer do semestre, dentro do conceito *fail fast, learn faster, improve*.[26]

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS – LIÇÕES APRENDIDAS

Muito embora a PUCPR tenha adotado definição própria de competências e tenha definido seu processo de transição para currículo por competências anteriormente à publicação das DCNs de 2019, observa-se coerência muito grande entre as competências definidas e as DCNs. Essa coerência não é fruto do acaso e, sim, de sintonia da PUCPR, do Ministério da Educação, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), do Conselho Nacional de Educação (CNE), da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Paraná (Crea-PR), em relação às necessidades que a sociedade coloca para aos novos engenheiros.

No processo de desenvolvimento do currículo por competência iniciado em 2014, lições valiosas foram aprendidas. Em nenhuma ordem de importância, as mais significativas são:

a. *Do piso ao teto*: a mudança deve ser adotada por toda a instituição de ensino, do reitor ao professor, do doutorando ao estudante ingressante. Sem apoio institucional nenhuma mudança é perene. Entretanto, sem a vontade do corpo docente de fazer diferente, inovar e melhorar, o apoio institucional é inútil.
b. *Diálogo*: a mudança exigida pela nova diretriz curricular só pode ser alcançada com ampla, desarmada e desapaixonada discussão. A Escola Politécnica da PUCPR fez isso em diversos níveis, como já descrito, e não teve receio de rediscutir objetivando melhoria constante e qualidade de ensino para o seu corpo discente, eliminação de pontos de conflito e reforço de pontos de convergência. Ampliará ainda mais esse diálogo, incluindo o setor produtivo e outras organizações por meio da criação de conselhos consultivos empresariais.

25 Agradecimentos: os autores agradecem aos coordenadores de curso, NDEs e professores do núcleo comum e dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da PUCPR. O presente trabalho foi realizado parcialmente com financiamento de Projeto Institucional de Modernização da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) Brasil no âmbito do Programa Capes PMG-EUA, processo nº 88881.302193/2018-01, da Comissão Fulbright Brasil.

26 Tradução: falhe rápido, aprenda mais rápido, melhore.

c. *Tempo ao tempo*: cada ciclo de debate para construção das disciplinas de período pode demorar um semestre. A construção de um semestre deve sempre iniciar-se no semestre precedente. Há que se dar tempo ao tempo.
d. *Falhar, aprender, melhorar*: se tudo der certo na primeira vez que a disciplina for ofertada, ou a construção do plano de ensino foi feita de forma errada, ou a prática distanciou-se do planejado, a falha não deve ser temida, mas aproveitada como oportunidade de aprendizado e melhoria.
e. *Processo*: a construção curricular deve focar-se muito mais no processo do que no produto. Bons processos permitem agilidade para melhorar o produto. Em tempos de mudanças aceleradas e disruptivas em que vivemos, currículos não podem ser escritos em pedra. Durante o processo de discussão das competências inicialmente definidas, percebeu-se a oportunidade de melhorar e focar na construção do profissional desejado, como relatado na eliminação de competência de pesquisa e incorporação como elemento de competência específica. Isto só foi possível porque se conseguiu desenhar um processo de acompanhamento e monitoramento permanente da implantação curricular.
f. *Convencimento*: não se pode esperar que todos adotem a mudança simultaneamente e com igual ímpeto e comprometimento. O processo é lento e deve ser feito por meio do convencimento. A apresentação e debate de exemplos de sucesso e falha, a capacitação contínua e os fóruns de debate formais – como *simpósio de práticas docentes* e informais, como Café CrEAre e Café Politécnica – auxiliaram no convencimento e engajamento do corpo docente que se sentiu ouvido, acolhido e valorizado.

Certamente, há outras lições ainda esperando para serem aprendidas até finalizar-se, em 2022, a implantação curricular iniciada em 2018. Entretanto, acredita-se que a formação por competências é o caminho certo.



CAPÍTULO 12

MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO PEDAGÓGICO BASEADO EM COMPETÊNCIAS

Rodrigo M. A. Almeida[1]
Danilo H. Spadoti[2]
Egon L. Müller[3]
Giscard F. C. Veloso[4]
Luis H. C. Ferreira[5]
Milady R. A. da Silva[6]
Rondineli R. Pereira[7]
Luiz L. G. Vermaas[8]

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um currículo baseado em competências apresenta diversos obstáculos, iniciando-se pela própria definição de competências esperadas para os egressos, passando pelo dimensionamento de cargas e esforço a ser empregado na formação de cada uma e na redução da subjetividade na alocação de disciplinas e conteúdos.

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada pelo curso de Engenharia Eletrônica da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Esta mudança ocorreu por questões de requisitos legais[9, 10] e, principalmente, pela necessidade de atualização do currículo diante das mudanças observadas tanto na indústria quanto nas próprias tecnologias eletrônicas.

---

1 Professor da Unifei, coordenador do Curso de Engenharia Eletrônica.

2 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

3 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

4 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

5 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

6 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

7 Professor da Unifei, membro do Núcleo Docente Estruturante da Engenharia Elétrica.

8 Professor da Unifei, diretor do Instituto de Engenharia de Sistemas e Tecnologia de Informações.

9 BRASIL. **Lei nº 13.005, 25 junho 2014**. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm. Acesso em: 14 abr. 2021.

10 BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução. CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528. Acesso em: 14 abr. 2021.

Optou-se por iniciar utilizando as experiências de sucesso da própria universidade, a notar o modelo PETRA[11] e as experiências com o *Project-Based Learning* (PBL).[12]

Por fim, um dos facilitadores da metodologia apresentada neste capítulo é o Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Educação Superior na Graduação (PMG-EUA), realizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) em parceria com a Comissão Fulbright e a Embaixada e Consulados dos EUA, que permitiu observar as boas práticas das melhores instituições americanas e adequá-las à realidade brasileira.

2 METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) do curso de graduação em Engenharia[13] trouxeram grande mudança conceitual no entendimento de como formar um engenheiro para os dias atuais: deve-se relocar o foco do planejamento do curso, que anteriormente era baseado em conteúdo, para uma abordagem baseada em competências. Essa é uma mudança que vem ocorrendo em diversas universidades e, em certo grau, foi iniciada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) pela abordagem CDIO (acrônimo em inglês para conceber, desenvolver, implementar e operar) em 1997.[14]

Visando estruturar o processo na Unifei, três pilares foram identificados e facilitaram o desenvolvimento do projeto pedagógico de curso:

- *Formação baseada em competências*: para o desenvolvimento de uma estrutura coerente entre perfil do egresso, habilidades e conteúdos da estrutura curricular. Utilizou-se como base a metodologia apresentada no CDIO e as novas DCNs. Além disso, baseou-se fortemente na Taxonomia Revisada de Bloom[15] para definição do nível esperado para os egressos em cada uma das competências.
- *Incremento gradual na responsabilidade do aluno*: as disciplinas são ordenadas para incentivar e facilitar as estruturas metodológicas de ensino de abordagens passivas para ativas, permitindo ao aluno se tornar responsável por seu processo de aprendizado. Essa estruturação foi baseada, principalmente, no modelo PETRA, fazendo uso da metodologia PBL.
- *Levantamento de informações*: não é possível delinear corretamente o perfil do egresso sem conhecer as realidades do mercado, da academia e a tendência de desenvolvimento tecnológico/industrial para a área do curso. Visando buscar essas informações, foram feitas buscas de melhores práticas com outras instituições de ensino superior,[16] pesquisa com os egressos do curso, análises em pesquisas de mercado[17] para a área de eletrônica e conversas com professores e pesquisadores de graduação e pós-graduação da área.

11 VERMAAS, L. L. G.; CREPALDI, P. C.; LEVENHAGEN, I. A. Fundamentos da Metodologia PETRA e sua Aplicação na Formação do Profissional de Engenharia. In: XLVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE) E III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, on-line, **Anais...** Cobenge, Ouro Preto, 2000. Disponível em: http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/19/artigos/193.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

12 ALMEIDA, R. M. A. ***et al.*** Problem based learning methodology applied on teaching electronic products development, em ***Active Learning for Engineering Education***, p. 280-291, Caxias do Sul, 2014.

13 BRASIL, 2019.

14 CRAWLEY, E. F. **The CDIO syllabus**: a statement of goals for undergraduate engineering education, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2001.

15 ANDERSON, L. W. ***et al.*** A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, ***Educational Horizons,*** p. 154-159, 2001.

2.1 FORMAÇÃO BASEADA EM COMPETÊNCIAS

Uma primeira questão importante de ser abordada é a diferença entre os conceitos de habilidade e competência. Esta definição é importante, pois uma parte central deste projeto pedagógico situa-se exatamente na definição do perfil do egresso baseada em competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo discente.

Em vários textos, esses termos, habilidades e competências são utilizados como sinônimos. Quando utilizados separadamente, competência adquire uma conotação mais abrangente, enquanto habilidade se pontua como um termo mais específico.

Neste documento, foi utilizado o termo *competência* com um sentido específico. Seu uso denotará uma característica do egresso que será desenvolvida durante sua formação na universidade, seja ela técnica ou pessoal. As competências técnicas estarão relacionadas mais diretamente com as possíveis atividades, responsabilidades ou, até mesmo, posições de trabalho que um egresso poderá assumir dentro de sua profissão. A competência será, por fim, formada por um conjunto de habilidades que permitam ao egresso exercer a atividade especificada.

Já o termo *habilidade* denotará uma característica mais objetiva, atrelada a uma única área de conhecimento. A habilidade pode compreender um conjunto de qualificações que versem sobre um mesmo tema. Desse modo, a habilidade estará mais relacionada às linhas de disciplinas do que com as atribuições de trabalho.

Essa abordagem hierárquica mostrou-se muito eficiente no auxílio à discussão e geração de consenso na instituição. Partindo-se de conceitos mais gerais (competências), consegue-se definir melhor a real necessidade da inserção ou não de determinado conteúdo.

16 INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Estatística da Educação superior 2018**. Dispnível em: http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior. Acesso em: 15 abr. 20212.

17 PORTAL EMBARCADOS. **Pesquisa sobre o Mercado Brasileiro de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados e IoT**, 16 jul. 2019. Disponível em: https://www.embarcados.com.br/pesquisa-mercado-brasileiro-2019/. Acesso em: 15 abr. 2021.

2.1.1 Taxonomia Revisada de Bloom (TRB)

A Taxonomia Revisada de Bloom visa categorizar objetivos educacionais quanto ao conteúdo/conhecimento a ser aprendido e quanto ao que se espera que o estudante seja capaz de fazer com esse conhecimento (processo cognitivo).[18]

A TRB pode ser representada em uma tabela de duas dimensões. As linhas e as colunas estabelecem categorias para classificar em um *continuum* o conteúdo (conhecimento) e o processo cognitivo relacionado ao objetivo educacional. As células da tabela correspondem à intersecção das dimensões de conhecimento e processo cognitivo. Assim, qualquer objetivo educacional deve ser enunciado para contemplar o conhecimento a ser adquirido e o que se espera que o aluno seja capaz de fazer (processo cognitivo) com esse conhecimento.

A dimensão **conhecimento** inicia-se com categorias mais concretas e varia de modo contínuo até categorias mais abstratas. A dimensão **processo cognitivo** parte de categorias mais simples e estende-se até categorias mais complexas. Dessa forma, os objetivos educacionais podem ser mais bem estabelecidos quanto à profundidade da competência que se espera que o aluno adquira. Se isso for bem definido, a organização das disciplinas, dos módulos ou das trilhas de aprendizado fica mais bem estruturada, facilitando sua implementação e avaliação.

A tabela 1 apresenta exemplos na definição de um objetivo de aprendizagem ou habilidade para cada uma das células da Tabela. Esses objetivos/habilidades devem ser sempre formados por um **verbo** (ações desejadas para o devido processo cognitivo) e um **objeto** (conhecimento esperado que o aluno adquira/construa).

O fato de as categorias na Tabela de Taxonomia estarem organizadas numa escala de complexidade e abstração pode conferir um tipo de hierarquia, de modo que, para que um objetivo classificado, por exemplo, na célula 4-B, seja cumprido, é preciso que o estudante tenha aprendido gradualmente por meio de objetivos que estariam classificados nas categorias inferiores (neste exemplo, possivelmente em todas células inferiores à linha 4 e à esquerda da coluna B). Essa característica hierárquica orientará a distribuição de objetivos instrucionais nas disciplinas, nos módulos ou nas trilhas de aprendizado.

18 ANDERSON, L. W. et al. "A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives", *Educational Horizons,* pp. 154-159, 2001.

TABELA 1 – Exemplos de habilidades para cada nível da TRB

	A) Fatual	B) Conceitual	C) Procedural	D) Metacognitivo
6) Criar	**Criar** + Fatual	**Criar** + Conceitual	**Criar** + Procedural	**Criar** + Metacognitivo
	Gere uma lista das atividades diárias	**Monte** uma equipe de especialistas	**Projete** um fluxo de trabalho de um projeto eficiente	**Crie** um portfólio de aprendizado
5) Avaliar	**Avaliar** + Fatual	**Avaliar** + Conceitual	**Avaliar** + Procedural	**Avaliar** + Metacognitivo
	Checar por consistência entre várias fontes	**Determine** a relevância dos resultados	**Julgue** a eficiência das técnicas de amostragem	**Reflita** sobre o progresso de alguém
4) Analisar	**Analisar** + Fatual	**Analisar** + Conceitual	**Analisar** + Procedural	**Analisar** + Metacognitivo
	Selecione a lista mais completa de atividades	**Diferenciar** alta e baixa cultura	**Integre** a conformidade com os regulamentos	**Desconstrua** os vieses de alguém
3) Aplicar	**Aplicar** + Fatual	**Aplicar** + Conceitual	**Aplicar** + Procedural	**Aplicar** + Metacognitivo
	Responda às perguntas frequentes	**Preste** conselhos aos iniciantes	**Realize** testes de pH de amostras de água	**Use** técnicas que correspondam aos seus pontos fortes
2) Entender	**Entender** + Fatual	**Entender** + Conceitual	**Entender** + Procedural	**Entender** + Metacognitivo
	Resuma os recursos de um novo produto	**Classifique** os adesivos por toxicidade	**Esclareça** as instruções de montagem	**Preveja** a resposta de alguém ao choque cultural
1) Relembrar	**Relembrar** + Fatual	**Relembrar** + Conceitual	**Relembrar** + Procedural	**Relembrar** + Metacognitivo
	Listar cores primárias e secundárias	**Reconhecer** sintomas de exaustão	**Lembre-se** de como entubar um paciente	**Identifique** estratégias para reter informações

Fonte: ISU (2021).[19]

Utilizar a taxonomia revisada de Bloom na definição do nível de exigência para cada uma das competências permite explicitar, de modo mais objetivo, o perfil do profissional, definindo não só as áreas de atuação, mas também o tipo de atividades que o egresso poderá realizar em cada uma dessas áreas.

19 IOWA STATE UNIVERSITY – ISU. **Revised Bloom's Taxonomy**. Disponível em: http://www.celt.iastate.edu/teaching/effective-teaching-practices/revised-blooms-taxonomy/. Acesso em: 16 abr. 2021.

2.1.2 Índice h/CK

A taxonomia auxilia na priorização e definição da importância de cada um dos temas/áreas/conteúdos para a formação do perfil do egresso. No entanto, ainda, é um pouco subjetiva a transcrição dessa definição para a formatação do currículo. Visando auxiliar nesse processo, foi desenvolvido um indicador de horas (h) por cognição- conhecimento (CK). Esse indicador visa contabilizar a transferência da importância de cada uma das áreas para o quantitativo de horas presentes na estrutura curricular.

Uma habilidade definida como 4C (4-analisar e C-procedural) abrange 12 espaços na tabela CK. Uma segunda habilidade definida como 3A (3-aplicar e A-fatos) cobre apenas três espaços. A segunda habilidade possui uma área quatro vezes menor, de modo que se espera que o total de horas alocadas para a segunda habilidade seja quatro vezes menor que as horas alocadas para a primeira habilidade.

No entanto essa relação não é exatamente linear. Desse modo, os resultados de uma análise baseada nos indicadores h/CK devem ser analisados com cautela. Primeiramente, o valor numérico do índice em si não é crucial, é mais importante que esse índice esteja uniforme entre as várias habilidades e competências analisadas. Em segundo lugar, variações nos índices podem acontecer de modo natural, não sendo necessário tomar providências para nivelar exatamente todos os indicadores.

Foram observados dois casos de variações esperadas: 1) competências que possuem uma grande quantidade de conceitos – mas que não necessariamente são aprofundados – apresentam um valor muito maior que a média, devido à quantidade de horas destinadas à apresentação dos vários conceitos; e 2) competências que são abordadas em diversas disciplinas, sem necessariamente serem aprofundadas também possuem um valor mais alto.

Isto aconteceu na estrutura curricular da eletrônica para as competências de cálculo, física e química. A princípio, não são demandadas em grande profundidade (baixo valor CK), mas apresentam grande quantidade de conteúdos que, para serem cobertos, exigem uma quantidade maior de horas.

A habilidade de simulação é um exemplo do segundo caso. Ela é recorrente em quase todas as áreas da eletrônica: analógica, digital, potência, modelagem, telecomunicações, mas nunca é aprofundada por si própria. Como ela é abordada diversas vezes, a quantidade de horas dedicadas a esta habilidade infla o valor do indicador.

Apesar de não ser uma ferramenta completamente linear, distorções nos valores refletem possíveis problemas de alocação de carga horária, quando considerada uma geração de currículo baseado em competência.

2.2 INCREMENTO GRADUAL NA RESPONSABILIDADE DO ALUNO

Para atingir os níveis mais altos da TRB é necessário utilizar metodologias nas quais o aluno passa a ter papel ativo na aprendizagem. Por metodologia ativa, entendem-se os processos nos quais o aluno realiza atividades em que ele é o ator do processo, em contraponto à passividade nas aulas tradicionais.[20]

As vantagens das metodologias ativas são bem documentadas na literatura, seja na melhoria no aprendizado,[21, 22] na redução da evasão,[23, 24] no engajamento dos alunos[25] seja, ainda, no melhor uso de espaços físicos da instituição.[26]

No entanto essas metodologias podem gerar um efeito contrário quando os alunos não estão acostumados a serem os responsáveis nesse processo. Desse modo, é importante que se insira, ao longo do curso, essas atividades de modo gradual e constante, habituando o discente nas metodologias ativas.

Das várias metodologias ativas disponíveis, optou-se por focar em um aprendizado baseado em projeto (PBL). Os motivos da escolha foram dois: 1) a facilidade de implementação, visto que parte do corpo docente já os utiliza; e 2) a aderência dos métodos com as competências esperadas para o egresso, principalmente as competências de trabalho em equipe, gestão de projetos, projetista, comunicação e autoaprendizagem.

Para estruturar o currículo, utilizou-se o modelo PETRA de formação, simplificando o processo de especificação dos níveis das disciplinas e em quais deles seriam adotados cada um dos métodos.

2.2.1 PETRA

A utilização do modelo PETRA permite graduar corretamente a evolução da responsabilidade do aluno dentro de sua graduação. Dessa forma, são definidos quatro níveis em que as disciplinas podem ser alocadas: (A) reprodução, (B) reorganização, (C) transferência

20 BONWELL, C.; EISON, J. **Active Learning**: Creating Excitement in the Classroom. Information Analyses. Washington, DC: ERIC Clearinghouse Products, 1991.

21 FREEMAN, S. E. A. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111(23), p. 8410-8415, 2017.

22 HOELLWARTH, C.; MOELTER, M. J. The implications of a robust curriculum in introductory mechanics. **American Journal of Physics**, v. 79, p. 540, 2011.

23 ALMEIDA R. M. A. ***et al.*** Problem based learning methodology applied on teaching electronic products development. **Active Learning for Engineering Education**, Caxias do Sul, 2014.

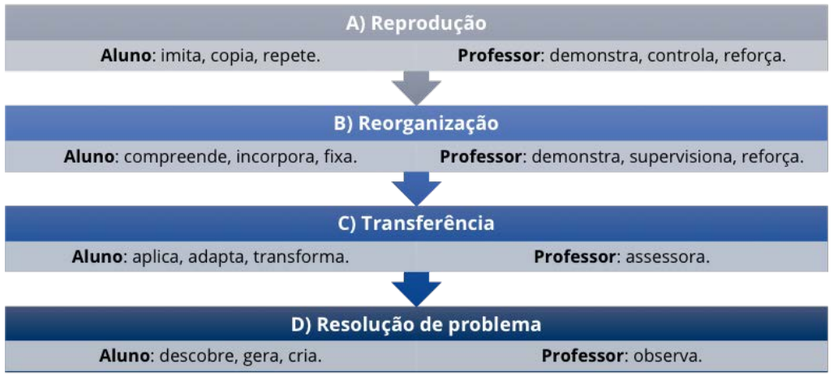
24 President's Council of Advisors on Science and Technology, "Engage to excel: Producing on million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics," 2012. Disponível em: whitehouse.gov.

25 MARRONE, M.; TAYLOR, M.; HAMMERLE, M., Do International Students Appreciate Active Learning in Lectures? **Australasian Journal of Information Systems**, v. 55, 2018.

26 BAEPLER, P.; WALKER, J.; DRIESSEN, M. It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. **Computers & Education**, v. 78, p. 227-236, 2014.

e (D) resolução de problemas. O aluno passa, progressivamente, de uma à outra etapa à medida que sua responsabilidade no aprendizado cresce (figura 1).

FIGURA 1 – Responsabilidades de alunos e professores no PETRA



Fonte: elaboração própria.

Em termos de projeto pedagógico, a implementação do modelo é importante para definir que, à medida que o aluno progride em uma área (ou trilha) do conhecimento, ele adquire maior responsabilidade no processo de aprendizado.

As disciplinas iniciais serão modeladas de acordo com a primeira camada do PETRA com abordagem similar ao método tradicional de ensino. À medida que o aluno avança em uma área ou trilha, as disciplinas serão alocadas em camadas superiores, aumentando sua responsabilidade no aprendizado. É importante organizar a sequência de disciplinas de modo a não pular nenhuma etapa, facilitando, assim, a transição de um modelo tradicional para um modelo mais ativo.

2.2.2 Aprendizado baseado em projeto (PBL)

Miao, Samaka e Impagliazzo[27] afirmam que "a razão pela qual PBL é bem-sucedida é porque enfatiza o significado e o entendimento, em vez de aprender e memorizar em rotina". O componente ativo no aprendizado melhora as taxas de retenção de conhecimento, que de outra forma poderiam ser "muito pobres e tão baixas quanto 5%".

27 MIAO, Y.; SAMAKA, M.; IMPAGLIAZZO, J. Facilitating teachers in developing online PBL courses. *In:* **Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)**, 2013 IEEE International Conference, 2013

A abordagem PBL também fornece aos alunos habilidades que os ajudarão em sua vida profissional, como capacidade de resolver problemas, habilidades de equipe, adaptabilidade à mudança, habilidades de comunicação, aprendizado autodirigido e habilidades de autoavaliação.[28, 29] Essas competências são consonantes com o perfil do egresso.

De modo geral, eles precisam se organizar em equipes tentando entender o problema proposto (a partir de demandas da sociedade e da indústria) e encontrar soluções com o conhecimento que eles têm. Esse processo é exatamente o mesmo usado pelos engenheiros no desenvolvimento de novos projetos ou produtos.[30]

É importante que os projetos sejam abertos, ou possuam partes não definidas pelo professor. Isso permite que os alunos, entendendo essa liberdade de decisão, se apropriem do projeto pelas escolhas que vierem a fazer, solidificando o conhecimento adquirido e consolidando as competências desenvolvidas.

2.3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Para conseguir definir o perfil do egresso, foi necessário, primeiro, entender onde nossos ex-alunos estão trabalhando e quais ferramentas e conhecimentos eles utilizam no dia a dia. Desse modo, criou-se uma pesquisa para fazer o levantamento dessas informações.

O resultado desta pesquisa foi comparado com pesquisas de mercado sobre a área de Engenharia Eletrônica. Uma pesquisa em específico[31] contou com informações de 974 engenheiros de desenvolvimento, permitindo ter um panorama do atual estado de utilização de tecnologia na área da Engenharia Eletrônica. Esse tipo de informação permite conhecer as competências e os conhecimentos atualmente exigidos pelas empresas.

De posse da informação dos egressos e do mercado, esse assunto foi discutido com professores e pesquisadores de cada uma das maiores áreas de conhecimento do curso. Ao focar na visão de pesquisa, pode-se melhor interpretar as tendências sugeridas pelos egressos e pelo mercado, fazendo uma previsão mais acertada sobre a direção que o curso deve tomar.

Também, buscou-se comparar a estrutura atual do curso com outras instituições, nacionais e internacionais. De modo geral, os cursos estrangeiros possuem uma carga horária em sala de aula muito menor, dando mais ênfase para projetos.

28 WOODS, D. R. **Problem-based learning**: How to gain the most from PBL. Waterdown: DR Woods., 1994.

29 MARKHAM, T. Project Based Learning. **Teacher Librarian**, v. 39, n. 2, p. 38-42, 2011.

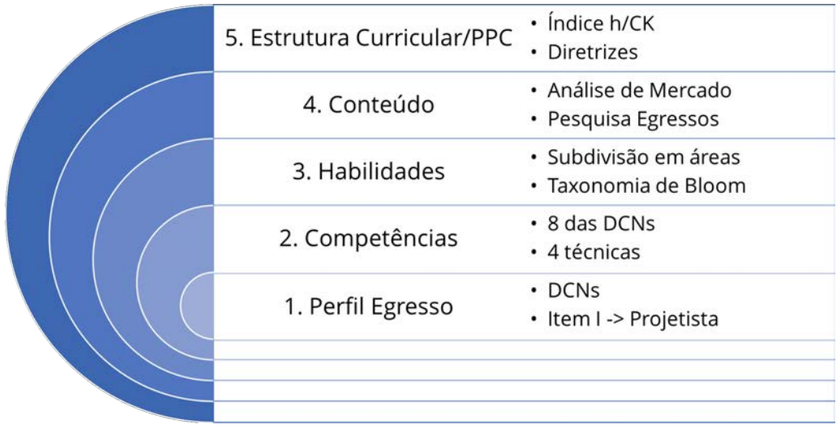
30 OSBORNE, S. M. **Product development cycle time characterization through modeling of process iteration**. Tese (Doutorado) - Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts 1993.

31 PORTAL EMBARCADOS, Pesquisa sobre o Mercado Brasileiro de Desenvolvimento de Sistemas Embarcados e IoT, 16 jul. 2019. Disponível em: https://www.embarcados.com.br/pesquisa-mercado-brasileiro-2019/. Acesso em: 16 abr. 2021.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO (PPC)

Pode-se resumir em cinco etapas o processo utilizado para o desenvolvimento do PPC. Este inicia-se com a definição do perfil do egresso e finaliza com a própria estrutura curricular, suas disciplinas e requisitos. O resumo do processo é apresentado na figura 2.

FIGURA 2 – Fases da confecção do PPC da Engenharia Eletrônica



Fonte: elaboração própria.

O resultado de cada etapa é usado como entrada da próxima etapa. É importante frisar que esse não é um processo estritamente linear, em vários momentos, é possível, ou, até mesmo necessário, retornar alguns passos e adequar as considerações feitas anteriormente.

Nos tópicos a seguir, são apresentadas as etapas com alguns exemplos de como conduzir esse processo.

É importante frisar que, em todas as deliberações, deve se considerar o tempo de resposta de mudanças na estrutura curricular. Em geral, as mudanças inseridas só geram impacto em cinco anos, sendo necessário levar sempre em conta essa questão temporal.

3.1 DEFINIÇÃO DO PERFIL DO EGRESSO

O primeiro passo na formulação do PPC é definir o perfil do egresso. A princípio, as DCNs apresentam três perfis gerais: 1) desenvolvedor, 2) gestor e 3) professor.

As DCNs pedem que os cursos adotem 1 ou mais perfis. Como a proposta para Engenharia Eletrônica era ser um curso mais objetivo, optou-se por adotar apenas o item I do artigo 5º.

Sugere-se que, caso sejam adotados mais perfis, que se defina prioridade entre eles para facilitar as discussões posteriores.

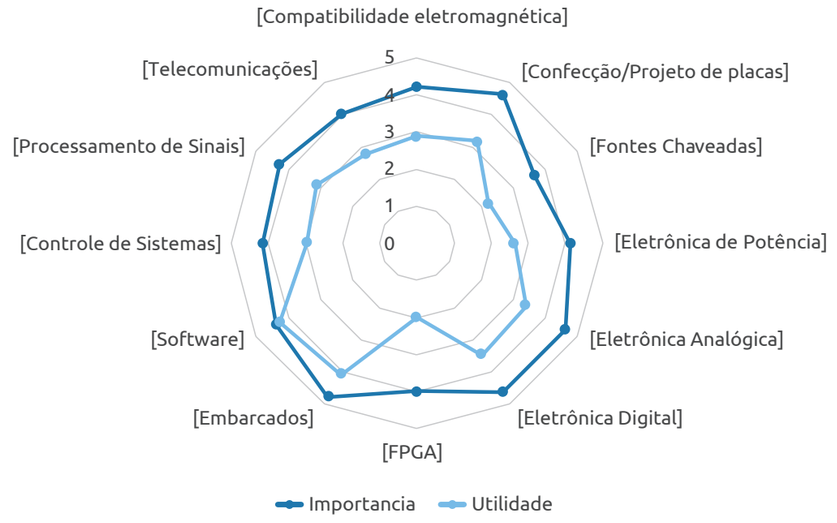
3.2 DEFINIÇÃO DAS COMPETÊNCIAS

Para melhor especificar o perfil do egresso desejado, foram especificadas as competências esperadas que o discente desenvolva durante sua graduação. As competências diferenciam-se das habilidades em seu escopo e abrangência. A competência, no contexto desse PPC, é formada por um conjunto de habilidades. Pode-se entender as competências técnicas como uma grande área de formação ou posição de trabalho a qual o egresso poderá assumir.

Inicialmente, buscou-se atender às competências listadas nas DCNs. Essas competências têm um caráter mais voltado à formação pessoal e interpessoal.

Para as competências técnicas, a pesquisa realizada com os egressos mostrou-se fundamental. O principal questionamento foi sobre como a utilidade (“Você utiliza os conceitos da área ____ em seu trabalho?”) e a importância (“Os conceitos da área ____ são importantes para a formação de um engenheiro eletrônico?”) são percebidas pelos egressos em seu trabalho. Os resultados são apresentados na figura 3. No total, 51% de todos os alunos formados até 2018 responderam à pesquisa.

FIGURA 3 – Importância e utilidade de cada uma das áreas para os egressos



Fonte: elaboração própria.

Esses resultados foram, então, confrontados com as pesquisas de mercado e com informações dos professores acerca da evolução das áreas de pesquisa. Por exemplo, as áreas de fontes chaveadas e FPGA (em português, arranjo de portas programáveis em campo), que apresentaram as piores notas de utilidade e importância, acabaram por ser tratadas de modo distinto. Elas, hoje, apresentam baixa utilidade por motivos diferentes, a primeira, pois está consolidada em termos técnicos para as implementações mais usuais da indústria e, portanto, requerem pouca atuação do engenheiro nos desenvolvimentos de produto. Já FPGA é uma tecnologia que apenas agora começa a se tornar acessível, de modo que a tendência é tornar-se uma ferramenta bastante utilizada nos próximos anos.

Foram, então, definidas quatro competências técnicas adicionadas às oito descritas pelas DCNs. A competência de *Desenvolvimento de Hardware*, por exemplo, ficou definida como: conceber, projetar, fabricar e testar produtos eletrônicos, escolhendo os melhores processos, métodos e técnicas para o desenvolvimento de um produto eletrônico.

3.3 DEFINIÇÃO DAS HABILIDADES

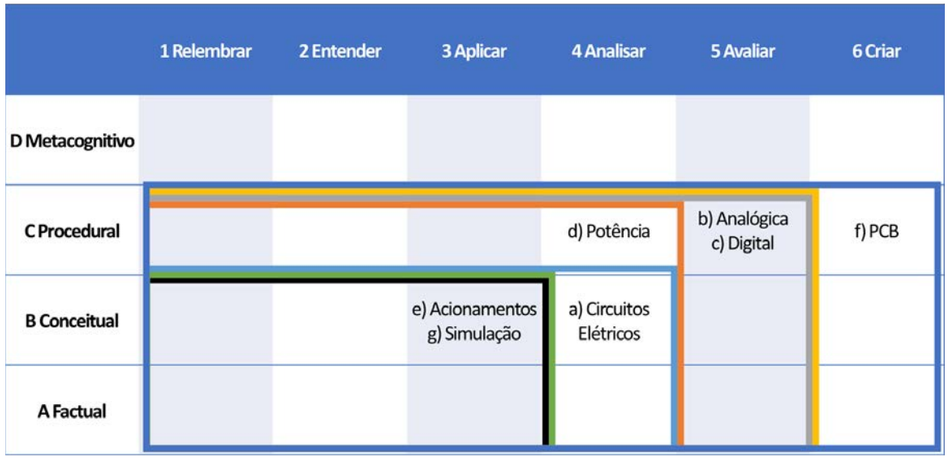
Cada uma das competências técnicas foi subdivida em habilidades. Essa divisão segue aproximadamente as áreas de conhecimento de cada competência. É importante que a divisão seja realizada considerando, primeiramente, o perfil do egresso e em seguida as áreas de conhecimento dos profissionais da instituição.

Cada habilidade contribui de modo particular e com diferente intensidade para a formação do perfil do egresso. O modo escolhido de apresentar essas diferenças foi por meio da TRB, permitindo ao Núcleo Docente Estruturante (NDE) definir, de modo mais objetivo, os requisitos, as expectativas e as contribuições de cada habilidade para o perfil do egresso.

Vale mencionar que o enfoque da TRB nessa definição difere um pouco daquele tradicional, utilizado nas disciplinas na classificação de objetivos de aprendizagem e de avaliação. Os conceitos são os mesmos, mas o foco é maior nas áreas de competência que o discente deverá atingir em determinada área.

Isto acontece, pois, para conseguir desenvolver uma competência até um determinado nível, é necessário ter disciplinas em quantidades suficientes para cobrir todos os níveis. Não é possível atingir o nível de criar (6) sem que, em algum momento, tenha se desenvolvido todas as outras cinco camadas. De modo mais específico, é necessário que a primeira disciplina que versará sobre a competência que se quer atingir nível de criação inicie-se com atividades de nível 1 e 2, ou seja, memorizar e entender apenas. O crescimento deve ser gradual para permitir aos alunos acompanhar o desenvolvimento do conhecimento. Nessa etapa, é possível mapear a abrangência de uma competência apresentando suas habilidades na tabela da TRB, conforme exemplo da figura 4.

FIGURA 4 – Definição das habilidades da competência Hardware segundo a TRB



Fonte: elaboração própria.

3.4 DEFINIÇÃO DOS CONTEÚDOS OBRIGATÓRIOS

Para cada habilidade, o NDE especificou o conjunto de conteúdos que o profissional deverá conhecer para conseguir executar as atividades de acordo com o nível esperado para aquela habilidade, segundo a TRB.

Utilizaram-se como base as ementas das disciplinas da estrutura curricular de 2015. A manutenção, a remoção ou a inclusão de conteúdos, em comparação com a estrutura curricular anterior, foi pautada inicialmente pelo nível de importância de cada habilidade e pelo perfil do egresso. Isto foi feito visando manter uma coerência entre o perfil, as competências, as habilidades e os conteúdos abordados. Um terceiro balizador foram as sugestões dos professores de cada área, visando modernizar alguns conceitos, principalmente em áreas mais técnicas.

Após a definição dos conteúdos, esses foram organizados, considerando o tempo necessário para ensinar cada um deles segundo a profundidade definida na TRB, em disciplinas, gerando uma primeira proposta de estrutura curricular.

3.5 FORMULAÇÃO DA ESTRUTURA CURRICULAR

O primeiro passo na criação da estrutura curricular foi formular um conjunto de cinco diretrizes que norteassem a criação das disciplinas, apresentadas no quadro 1. Foram utilizadas, sempre que possível, abordagens transversais para garantia de formação das competências. Para cada diretriz, foram definidas métricas objetivas, passíveis de averiguação.

QUADRO 1 – Diretrizes para implementação da estrutura curricular

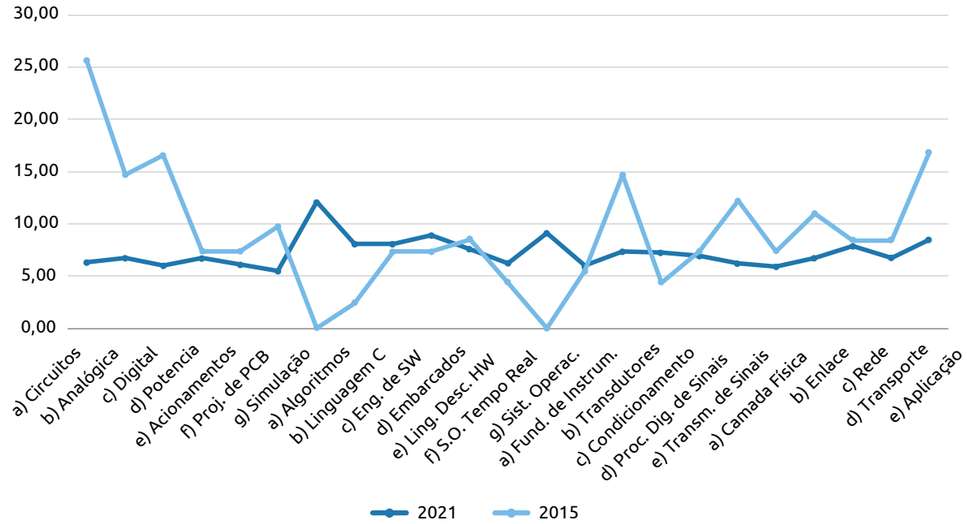
1) Redução da carga horária em sala de aula:
   - Carga horária total: menor ou igual a 23 hora-aula/semana
   - Carga horária de disciplinas teóricas: menor ou igual a 14 hora-aula/semana
2) Flexibilização da formação do aluno:
   - Máximo de seis disciplinas por semestre
   - Aumentar a carga horária de optativas
   - Prever espaço na grade, por semestre, para as disciplinas optativas
   - Migrar disciplinas muito específicas para optativas
   - Finalizar as disciplinas obrigatórias em oito semestres
3) Ênfase nas atividades práticas:
   - Fazer uso de metodologias ativas desde o 1º semestre
   - Iniciar com abordagem mista, maior ênfase nas aulas tradicionais
   - Utilizar a escala PETRA para uso de metodologia ativa nas disciplinas
4) Foco na formação por competências:
   - Balancear o índice h/CK
5) Estruturação da formação pessoal dos discentes:
   - Criar uma trilha de conteúdos de formação pessoal e não técnicos, com pelo menos uma disciplina por semestre
   - Apresentar o conceito de autoaprendizado e como esse se integra à metodologia científica e tecnológica criando uma disciplina inicial para ajudar o aluno a entender o processo de aprendizagem
   - Criar uma disciplina focada no desenvolvimento de produtos para pessoas, entendendo como a sociedade se organiza e evolui, estimulando no discente o sentimento de empatia e a capacidade de entender outros pontos de vista

Fonte: elaboração própria.

Como regra, a criação de uma disciplina deve atender pelo menos a uma habilidade e a um conteúdo. Disciplinas que não contribuíam para a formação de nenhuma competência foram removidas da estrutura curricular ou, quando eram necessárias como base teórica, tiveram seu conteúdo migrado para outras disciplinas, mantendo a paridade de conteúdo e competência.

De início, fez-se a análise do índice h/CK por habilidade para grade anterior (2015). As discrepâncias observadas serviram de base para decisão da redução ou da ampliação tanto de carga horária quanto de disciplinas. A figura 5 apresenta um comparativo da distribuição do índice para a grade de 2015 e para grade proposta, de 2021.

FIGURA 5 – Comparação do índice h/CK entre as estruturas de 2015 e 2021



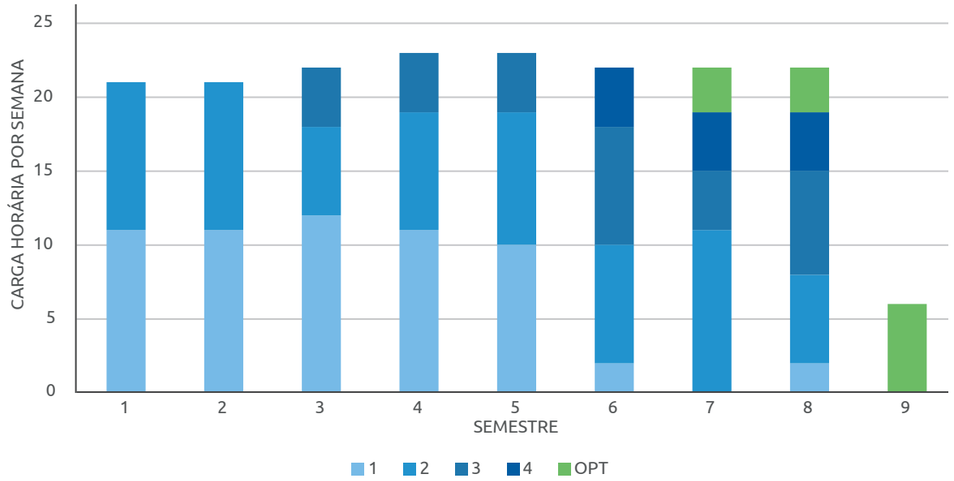
Fonte: elaboração própria.

Pode-se perceber pela curva azul escuro que há uma diminuição na variabilidade/disparidade entre as áreas analisadas. Ainda há discrepâncias nos valores, mas são por motivos justificáveis, geralmente devido a dois casos apresentados no Índice h/CK.

Com relação à adoção de metodologias ativas, optou-se por um modelo gradual. A figura 6 apresenta essa evolução na quantidade de carga horária alocada em cada nível PETRA ao longo da formação do aluno. Pode-se notar que os níveis mais altos são reservados para os últimos semestres.

A carga horária alocada para disciplinas básicas foi reduzida em 441 horas. Já nas disciplinas profissionalizantes, a redução atingiu 483 horas. Em contraponto, a área de formação humanística e pessoal cresceu 46 horas; as disciplinas baseadas em projeto foram incrementadas em 117 horas e a quantidade de optativas, 44 horas. De modo geral, houve redução de disciplinas obrigatórias, de 3.154 horas para 2.393 horas.

FIGURA 6 – Distribuição de carga horária (CH) de disciplinas por nível PETRA



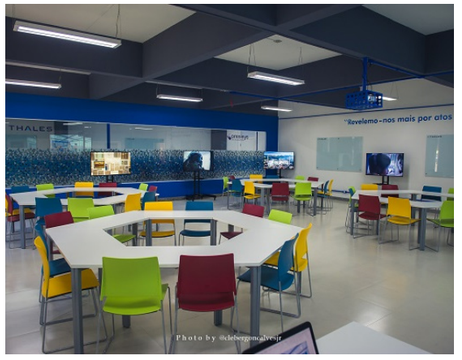
Fonte: elaboração própria.

Com relação à interação com empresas, o ponto principal é o Projeto Semestral Unifei (PSU). Este é uma atividade com duração de quatro meses, enquadrada como optativa, que possibilita que os estudantes desenvolvam um projeto em uma empresa, de forma compartilhada com a universidade, e que, com isso, disponham de um contato mais próximo com o ambiente profissional.

Desde 2013, o PSU já atendeu 643 alunos de 18 cursos diferentes de graduação, contando com a assessoria de 40 professores de todos os institutos do *campus*-sede. Desde o início do projeto, houve a participação de 14 empresas parceiras em 111 projetos desenvolvidos. Os projetos são efetuados nas mais diversas áreas, como otimização de plantas, desenvolvimento de protótipos e sistemas, análise de dados e outras.

Por meio do PSU, novas linhas de atuação apareceram: ambientes de pesquisa dedicados a atividades de projetos entre a universidade e as empresas (dois ambientes já foram criados conforme figura 7) e editais dedicados de seleção de pesquisadores para atuação em problemas apresentados e patrocinados pelas empresas. A abordagem da parceria com a DDMX Labs, no projeto Sinapse, inclusive, pauta-se no conceito de *open innovation*.

FIGURA 7 – Sala Thales e Sala DDMX Labs





Fonte: Setor de divulgação da Unifei.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança de uma estrutura baseada em conteúdo para um currículo baseado em competências deve, antes de tudo, basear-se na definição do perfil do egresso. Isso deve ser o ponto inicial de todo o planejamento, de modo que a grade reflita isso com clareza.

É bom que o perfil seja validado em, pelo menos, três vertentes: egressos, mercado e corpo docente. Na primeira vertente, tem-se uma visão sobre a utilidade e importância daquilo que os alunos estudaram e do que colocam em prática. Já, a segunda, visa entender as necessidades atuais das empresas e da sociedade. Por fim, o terceiro grupo visa indicar as tendências do desenvolvimento da área, considerando, principalmente, que há, no mínimo, um intervalo de cinco anos para obter os primeiros resultados dos egressos e seu impacto na sociedade.

Além do perfil, definem-se, de modo objetivo, as competências e habilidades, tanto as de formação humanística (*soft skills*) quanto as técnicas (*hard skills*). Mais do que as definir, é importante descrever também qual a profundidade de exigência para cada uma. Para isso, a estrutura da TRB mostra-se uma ferramenta interessante e prática, reduzindo a subjetividade desse processo.

A abordagem hierarquizada traz, ainda, a vantagem de simplificar o processo de discussão sobre os conteúdos a serem abordados. Por partir inicialmente de conceitos mais filosóficos, como o perfil do egresso e das competências esperadas, consegue-se chegar a um consenso mais rápido das habilidades necessárias que, por sua vez, se traduzem nas áreas de conhecimento. Essa definição, aliada ao índice h/CK, permite, de modo mais objetivo, fazer uma primeira definição sobre a quantidade de horas a ser alocada em cada área, exibindo facilmente qualquer discrepância no processo.

O escalonamento da responsabilidade do aluno nas disciplinas, ao longo do curso, é fundamental para que os discentes consigam se adaptar melhor ao uso das metodologias ativas sem causar um estresse inicial. A metodologia PETRA apresenta uma ótima ferramenta para graduar a utilização das metodologias e apresentar ao docente o que é esperado em cada nível.

Já a definição de diretrizes objetivas auxilia na geração final da estrutura curricular em quatro momentos: na apresentação da proposta ao corpo docente da instituição, na estruturação da grade em si, na validação dos objetivos propostos e no acompanhamento da evolução da grade.

Por fim, é importante que esse processo seja conduzido por um NDE ativo e heterogêneo, abordando todas as vertentes possíveis e evitando as preconcepções já formadas. Também é imprescindível a inclusão e participação da direção da instituição. Algumas mudanças envolvem várias questões, desde metodológicas, passando por alocação de carga e, até mesmo, infraestrutura laboratorial. Ter o apoio dos diretores nesse processo é vital para seu sucesso.[32]

32 Agradecemos a participação dos NDEs da Engenharia de Controle e Automação, da Engenharia da Computação e da Engenharia Elétrica, principalmente no processo de unificação das disciplinas comuns e no compartilhamento de recursos. Agradecemos a colaboração de todos os professores do instituto, sobretudo nas definições das áreas e no apoio à estruturação de cada uma das disciplinas. Por fim, é preciso agradecer o apoio e o financiamento recebido por meio do Projeto Institucional de Modernização, no âmbito do Programa Capes PMG-EUA, Processo nº 88881.302193/2018-01, da Comissão Fulbright Brasil e da Embaixada e Consulados dos EUA.

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – DIRET
Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor de Educação e Tecnologia

DIRETORIA DE INOVAÇÃO – DI
Gianna Cardoso Sagazio
Diretora de Inovação

Gerência Executiva de Inovação
Cândida Beatriz de Paula Oliveira
Gerente-Executiva de Inovação

Zil Miranda
Coordenação Técnica

DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO – DIRCOM
Ana Maria Curado Matta
Diretora de Comunicação

Gerência de Publicidade e Propaganda
Armando Uema
Gerente de Publicidade e Propaganda

André Augusto de Oliveira Dias
Produção Editorial

DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC
Fernando Augusto Trivellato
Diretor de Serviços Corporativos

Superintendência de Administração – SUPAD
Maurício Vasconcelos de Carvalho
Superintendente Administrativo

Alberto Nemoto Yamaguti
Normalização Pré e Pós-Textual

Danúzia Queiroz
Candeia Revisões

Editorar Multimídia
Projeto Gráfico e Diagramação

www.cni.com.br

/cnibrasil

@CNI_br

@cnibr

/cniweb

/company/cni-brasil



CNI

Confederação Nacional da Indústria

PELO FUTURO DA INDÚSTRIA