

METODOLOGIA CDIO ADAPTADA À ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO, PROPORCIONANDO A DIMINUIÇÃO DA EVASÃO, O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS E O EMPREENDEDORISMO DESDE O INÍCIO DO CURSO

RAFAEL G. B. DE ARAÚJO*, MARCUS.V. AMERICANO C.F.†, BABU JOSEPH‡, JOSÉ L. GUZMÁN S.#

**Escola de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Informação - EAETI
Universidade Salvador - UNIFACS
Salvador, Bahia, Brasil*

†*Departamento de Engenharia Química / Engenharia de Controle e Automação
Federal University of Bahia - UFBA
Salvador, Bahia, Brasil*

‡*Department of Chemical & Biomedical Engineering
College of Engineering, University of South Florida – USF
Tampa, Flórida, Estados Unidos da América*

#*Department of Informatics System Engineering and Automatics
University of Almería – UAL
Almería, Andaluzia, Espanha*

E-MAILS: RAFAEL.ARAUJO@UNIFACS.BR, MARCUS.AMERICANO@UFBA.BR,
BJOSEPH@USF.EDU, JOGUZMAN@UAL.ES

Abstract— Traditionally, engineering courses face a high dropout rate, which results in a small number of graduates. In parallel, industrial processes are changing, with the evolution of big data systems, internet of things, artificial intelligence and machine learning. Therefore, the engineer will have to develop new skills to achieve success as a professional. In this way, the use of active and cooperative methodologies, project-based learning, Flipped Classroom and Blended Learning should be discussed and implemented to increase the coverage and quality of programs and higher education institutions. These actions will strengthen teaching in control and automation engineering. The article proposes the application of CDIO (Conceiving, Designing, Implementing and Operating) methodology for teaching and learning methodology to provide a quality training in control and automation engineering, which is used to prepare technical and scientific profile, fostering the construction of portfolio, in parallel to the development of personal and interpersonal skills, changing student's mindset and promoting the "hands on" culture. The details of the implementation, and partial results, of the interdisciplinary program in a Brazilian higher education institution, in the state of Bahia, are presented.

Keywords— Control and Automation Engineering Teaching, Active Learning, Project Based Learning, Portfolio

Resumo— Tradicionalmente os cursos de engenharia deparam-se com elevado índice de desistência, que acarreta no pequeno número de egressos. Em paralelo, os processos industriais estão se transformando de forma irreversível, com a evolução dos sistemas de big data, internet das coisas, inteligência artificial e aprendizado de máquina. Como consequência, o perfil do engenheiro terá de desenvolver novas competências para lograr êxito no mercado de trabalho. Desta forma, a utilização de metodologias ativas e cooperativas, aprendizagem baseada em projeto, aulas invertidas (*Flipped Classroom*) e o aprendizado combinado (*Blended Learning*), devem ser discutidas e implementadas para aumentar a abrangência e a qualidade dos cursos e instituições de ensino superior existentes. Em particular, essas medidas irão fortalecer o ensino em engenharia de controle e automação. O artigo propõe a aplicação da metodologia CDIO (*Conceiving, Designing, Implementing and Operating*, sigla em inglês) para o ensino e aprendizado visando proporcionar uma formação de qualidade em engenharia de controle e automação que é utilizada para preparação de perfil técnico e científico, favorecendo a construção de portfólio, em paralelo ao desenvolvimento de habilidades pessoais e interpessoais, transformando a mentalidade do estudante e promovendo a cultura de colocar a "mão na massa". São apresentados os detalhes da implantação, e resultados parciais, do programa interdisciplinar, em instituição de ensino superior brasileira, no estado da Bahia.

Palavras-chave— Ensino de Engenharia de Controle e Automação, Aprendizagem Ativa, Aprendizagem Baseada em Projeto, Portfólio.

1 Introdução

A taxa de evasão escolar no ensino superior brasileiro é elevada e deve ser motivo de preocupação para a organização dos currículos e metodologia de

aprendizagem utilizadas nos cursos superiores. De acordo com dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), o Brasil conseguiu aumentar significativamente a proporção de matriculados (82%), ingressantes (50%) e concluintes (97%), a cada 10.000 habitantes, na área

de Engenharia, produção e construção, entre os anos de 2010 e 2016. Em 2014 a proporção de ingressantes chegou a aumentar 85% comparado a 2010.

Apesar da proporção de matrículas e ingressantes, a cada 10.000 habitantes, na área de Engenharia, produção e construção no Brasil ter superado a dos países da OCDE (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico), em 60% e 61% respectivamente, a proporção de concluintes no Brasil ainda é 33% menor, mesmo comparando-se com dados da OCDE de 2014. A Tabela 1 apresenta o número de matrículas, ingressos e concluintes de cursos de graduação para cada 10.000 habitantes, na área de Engenharia, produção e construção. Comparação dos dados OCDE 2014 com Brasil 2010-2016 (INEP, 2016).

Tabela 1: Número de matrículas, ingressos e concluintes de cursos de graduação para cada 10.000 habitantes, na área de Engenharia, produção e construção. Comparação dos dados OCDE 2014 com Brasil 2010-2016. Fonte: INEP, 2016.

Para cada 10.000 habitantes	Total OCDE 2014	Brasil 2010	Brasil 2011	Brasil 2012
Matrículas	37,7	33,1	38,9	45
Ingressantes	11,4	12,3	14,8	19
Concluintes	9,1	3,1	3,3	3,8
Para cada 10.000 habitantes	Brasil 2013	Brasil 2014	Brasil 2015	Brasil 2016
Matrículas	50,6	57,6	61,1	60,4
Ingressantes	20,2	22,7	20,8	18,4
Concluintes	4	4,4	5,2	6,1

Nesse contexto, novas abordagens para o processo de ensino e aprendizagem em engenharia vêm sendo experimentadas em inúmeras Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil e no mundo, tais como o Instituto Militar de Engenharia (IME) e o Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL) no Brasil; a *Universidad Tecnológica Centroamericana* (UNITEC) em Honduras; *Queen's University* no Canadá; Instituto Superior de Engenharia do Porto em Portugal; *Israel Institute for Empowering Ingenuity* em Israel; *University of Liverpool* no Reino Unido; a *Duke University, Massachusetts Institute of Technology (MIT)*; *Stanford University* e *University of Michigan* nos Estados Unidos, de acordo com a Iniciativa CDIO¹. O foco maior destas propostas é capacitar o estudante no "aprender a fazer", i.e., estudar, pesquisar e construir "alguma coisa". Projetos realizados em equipes e que integrem atividades práticas com os conhecimentos teóricos abordados em aulas expositivas têm sido divulgados com maior frequência nos últimos anos (Christensen, 2011; Edström, 2014; Saeki, 2013; Schnaid, 2006).

¹ A lista completa de instituições participantes da iniciativa CDIO está disponível no url: www.cdio.org/cdio-collaborators/school-profiles

Nos cursos de engenharia, em sua maioria, os estudantes têm dificuldades para identificar a relação prática que existe entre os componentes curriculares no desenvolvimento de um projeto ou execução de um determinado empreendimento. Isto sem mencionar os aspectos didáticos que acabam por agravar a "aprendizagem", devido a metodologias de ensino que consideram muito mais a questão do "como ensinar" do que o "como aprender" (Oliveira, 2000). Percebe-se que diversas disciplinas da matriz curricular não são facilmente compreendidas pelos estudantes por falta de uma visão física/mecânica das situações reais em estudo. Esta falta de competência, 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.

Como observado no estudo *Inova Engenharia* (IEL/Senai, 2006), as engenharias se desenvolveram sob influência do processo de industrialização. Inicialmente, a competência exigida do engenheiro era eminentemente técnica. Conforme os processos industriais se tornavam cada vez mais variados e sofisticados, passou a ser requerida a qualificação científica. Atualmente, as indústrias e o mercado exigem, além das anteriores, as chamadas competências gerenciais.

O objetivo deste artigo é propor a aplicação da metodologia CDIO (*Conceiving, Designing, Implementing and Operating*, sigla em inglês) para o ensino e aprendizado visando proporcionar uma formação de qualidade em engenharia de controle e automação que é utilizada para preparação de perfil técnico e científico, favorecendo a construção de portfólio, em paralelo ao desenvolvimento de habilidades pessoais e interpessoais, transformando a mentalidade do estudante e promovendo a cultura de colocar a "mão na massa". São apresentados os detalhes da implantação, e resultados parciais, do programa interdisciplinar em uma instituição de ensino superior brasileira, no estado da Bahia.

Este artigo está organizado como segue: na Seção 2, será apresentada introdução sobre a engenharia de controle e automação, sua evolução e número de matrículas no Brasil; na seção 3, serão apresentadas as competências necessárias ao exercício profissional da engenharia, levantadas nas bibliografias que abordaram o tema; na seção 4 será apresentada metodologia de ensino e aprendizagem proposta e aplicada, que possui aderência ao curso de Engenharia de Controle e Automação. Finalmente, as conclusões estão apresentadas na seção 5.

2 A Engenharia de Controle e Automação

Sistemas de controle são conhecidos há mais de 2000 anos, mas os primeiros trabalhos significativos de controle automático só foram concebidos no século XVIII, para o controle de velocidade de máquinas

a vapor. Durante a segunda guerra mundial inúmeros estudos e técnicas de controle surgiram, dando origem a teoria do controle clássico. Mas apenas a partir da década de 60 do século 19, com a difusão dos primeiros computadores digitais, foi possível a análise de sistemas complexos, com grande número de equações, dando origem a teoria de controle moderno. Com o avanço da computação digital nas décadas seguintes, foi possível implementar as técnicas de controle mais avançadas que estavam sendo desenvolvidas: controles preditivo, adaptativo, ótimo e robusto. O controle fuzzy, e a utilização da inteligência artificial, surgiu posteriormente através dos computadores modernos (Bissell, 2009).

O surgimento da engenharia de controle como disciplina, por meio de métodos e técnicas comuns utilizados em diversas aplicações (ex. energia, processos químicos, estabilidade de aeronaves, motores), aconteceu no final dos anos 1930 e 1940, em programas de engenharia. Durante esse período, os avanços na teoria dos sistemas de controle foram feitos de forma independente por vários grupos em diferentes países. Com o desenvolvimento tecnológico e o advento da computação digital, outros cursos incorporaram disciplinas de controle, tais como a ciência da computação (Bennett, 1996).

Outrossim, os cursos de Engenharia no Brasil seguiram a tendência de acompanhar as transformações na tecnologia e na indústria, além de serem influenciados pelas condições econômicas, políticas e sociais vigentes. Houve um grande crescimento do número de cursos de Engenharia, principalmente a partir de 1996 e esse crescimento foi acentuadamente maior no denominado setor privado (Oliveira et al, 2015). Na Figura 1 está apresentada a evolução no número de matriculados em cursos de engenharia no Brasil entre 2009 e 2015. As matrículas em programas de engenharia mais que dobraram no período indicado na figura, por meio da promoção do programa Pró-Engenharias (Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Engenharias) até o ano de 2013, ao aumento da oferta de vagas no setor privado, refletindo as prioridades da Engenharia no FIES (Fundo de Financiamento Estudantil) e no programa Ciência sem Fronteira.

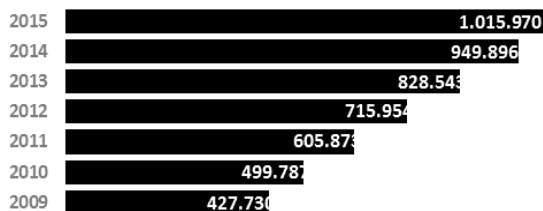


Figura 1: Total de estudantes matriculados em engenharia no Brasil. Fonte: Censo do ensino superior – INEP 2015.

Recentemente, a Engenharia de Controle e Automação foi considerada como área distinta: pela primeira vez no ENADE do ano de 2014, pertencendo ao Grupo II. A homologação da Engenharia de Controle e Automação, como modalidade distinta de

engenharia, foi realizada apenas em março de 1999, mediante a Resolução 427 do Sistema CONFEA/CREA.

De acordo com a análise dos dados do censo do ensino superior do INEP 2015, percebe-se que o crescimento do número de alunos nos cursos de engenharia em geral ainda persiste. A taxa de crescimento composta (CAGR - *Compound Annual Growth Rate*) de Novos Alunos (NA) e Total de Alunos (TA), em cursos de engenharia e especificamente na engenharia de controle e automação são apresentados na Tabela 2. Foram considerados na análise os cursos listados a seguir, da base de dados do INEP 2015: Engenharia de Automação; Engenharia de Controle e Automação; Engenharia de Instrumentação, Automação e Robótica; Engenharia Mecatrônica e Engenharia de Mecatrônica.

Tabela 2: CAGR entre 2009 e 2015 de Novos Alunos (NA) e Total de Alunos (TA) em cursos de engenharia geral e cursos de engenharia de Controle e Automação.

Cursos de Engenharia	NA	13,9%
	TA	15,5%
Engenharia de Controle e Automação	NA	2,8%
	TA	7,3%

Apesar do CAGR entre 2009 e 2015 o crescimento anual do Total de Alunos (TA) nos programas de engenharia, comparado a 2014, foi de apenas 7%. No mesmo período houve diminuição de 6,4% no Total de Alunos (TA) e 33,9% de Novos Alunos (NA) em Engenharia de Controle e Automação em 2015, comparado ao ano de 2014. A Figura 2 apresenta a evolução de estudantes matriculados na Engenharia de Controle e Automação entre os anos de 2009 e 2015.

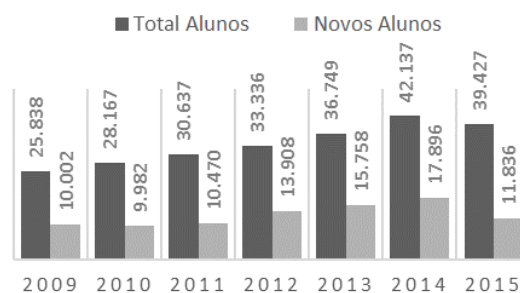


Figura 2: Total de Alunos (TA) e Novos Alunos (NA) matriculados em Engenharia de Controle e Automação no Brasil. Fonte: Censo do ensino superior – INEP 2015.

A diminuição da taxa de crescimento do número de estudantes matriculados em programas de engenharia no Brasil está associada com a crise econômica que o País tem enfrentado mais acentuadamente a partir de 2014. A engenharia é fortemente associada à atividade industrial e por 2 anos consecutivos o PIB brasileiro contraiu mais de 3% (2015 e 2016) contribuindo para a taxa de desemprego, que atingiu 12% ao final de 2017, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) gerida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A queda acentuada nas matrículas em Engenharia de

Controle e Automação está associada a queda de investimentos em tecnologia e inovação na indústria, em decorrência da crise.

Adicionalmente, os estudantes brasileiros não demonstram interesse para os cursos de engenharia. Pode-se relacionar o pouco interesse pela engenharia no Brasil, pela baixa fluência dos estudantes em ciências e matemática, como demonstrado pelo resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, PISA na sigla em inglês (Fernandes, et. al.; 2015). Nas três áreas avaliadas pelo PISA no ano de 2015: ciências, leitura e matemática, os estudantes brasileiros tiveram desempenho abaixo da média dos estudantes de países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Em 2015, foram avaliados estudantes em 70 países e o Brasil ficou na 63ª posição em ciências (401 pontos), na 59ª em leitura (407 pontos) e na 66ª colocação em matemática (377 pontos).

Os resultados são distribuídos em escalas diferentes para as áreas abrangidas pelo programa: nas áreas de ciências e leitura são sete níveis (1b, 1a, 2, 3, 4, 5 e 6) e na área de matemática são seis níveis (1 a 6). Para a OCDE, o nível 2 é considerado básico nas 3 áreas, sendo que o Brasil possui mais de 50% dos estudantes abaixo do nível supracitado, com destaque negativo para matemática com 70,25% dos estudantes abaixo deste nível.

Atualmente, além de promover a diminuição da evasão nos programas de engenharia, a preocupação é aumentar significativamente a qualidade da formação dos engenheiros no Brasil, necessitando de uma nova abordagem pedagógica. Entretanto, para respaldar qualquer nova metodologia a ser aplicada nos cursos de engenharia, é importante conhecer profundamente sua atuação no exercício profissional. Tomadas de decisão nos projetos pedagógicos produzem resultados eficazes quando os diagnósticos são realizados considerando toda a contextualização do mundo moderno. Para isso, foi realizado estudo quanto à atuação profissional da engenharia, incluindo as competências necessárias para lograr êxito no mercado de trabalho. Na próxima seção, serão apresentadas as competências necessárias ao exercício profissional da engenharia, levantadas nas bibliografias que abordaram o tema.

3 Competências necessárias ao exercício profissional da Engenharia

As competências necessárias aos engenheiros, para serem bem-sucedidos na indústria, já foram apresentadas em diversos estudos sobre o tema. Comunicar-se de forma eficaz, aplicar conhecimentos de matemática, ciência e engenharia, trabalhar em equipes multidisciplinares, compreender os impactos das soluções de engenharia em contextos globais e sociais, aprendizagem continuada, liderança, reconhecer e adaptar-se a mudanças, são algumas das competên-

cias relacionadas aos egressos de cursos de engenharia. A Tabela 3 apresenta as competências requeridas aos novos engenheiros, segundo estudos e pesquisas com acadêmicos e profissionais da indústria (IEL/Senai, 2006; Schnaid; et al., 2006; Fernandes; et. al., 2015; Cox; et. al., 2012).

Tabela 3: Habilidades necessárias de novos engenheiros, de acordo com estudos e pesquisas com acadêmicos e profissionais da indústria. Fontes: IEL/Senai, 2006; Schnaid; et al., 2006; Fernandes; et. al., 2015; Cox; et. al., 2012.

Projetar e operar sistemas complexos.
Domínio de ambientes de computação e linguagens de programação.
Aplicar conhecimento de matemática, física e ciência.
Pensamento lógico e objetivo.
Comunicação escrita, oral e gráfica.
Trabalhando em equipes multidisciplinares.
Gestão, liderança, habilidades de negociação e tomada de decisão.
Compartilhar informações e colaborar com colegas de trabalho.
Adaptar-se a ambientes de trabalho em constante mudança.
Adquirir novos conhecimentos de forma autônoma e independente.
Consciência social, ética e responsabilidade profissional.

Especialmente, a prova do ENADE/2014 para o curso de Engenharia de Controle e Automação, segundo a Portaria Inep nº 251, de 02 de junho de 2014, objetivou avaliar o desenvolvimento de 9 específicas competências e habilidades. Ainda, de acordo com a supracitada portaria, a prova do ENADE/2014 objetivou avaliar engenheiro com sólida formação técnico-científica, capacitado a associar conhecimentos multidisciplinares, absorver e desenvolver novas tecnologias, atuando com rigor metodológico, de forma sistêmica, crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Diversas iniciativas para inovar e melhorar o ensino têm sido promovidas. Adicionalmente, a internet, potencializada pela utilização dos dispositivos móveis (celulares e tablets), é o recurso mais utilizado pelos professores e estudantes nas atividades de estudo, pesquisa e compartilhamento de conteúdo. Desta forma, novas formas de aprendizado *online*, com ampliação dos espaços e momentos de formação, são possíveis. Em paralelo, o trabalho e os processos industriais estão se transformando de forma irreversível, com a 4ª revolução industrial: sistemas de *big data*, internet das coisas, inteligência artificial e machine learning. De acordo com o estudo publicado pelo Fórum Econômico Mundial, "Futuro dos Empregos", 7 milhões de postos de trabalho deixarão de existir até 2020 nas 15 maiores economias do mundo (Leopold, 2016). Como consequência, o perfil do engenheiro terá de desenvolver novas competên-

cias associadas a esse movimento para lograr êxito no mercado de trabalho.

O supracitado estudo do Fórum Econômico Mundial apresenta também as competências que os profissionais precisarão adquirir nesse novo cenário. Entre elas, a capacidade de coordenar as próprias ações de acordo com as ações de outras pessoas, o equilíbrio emocional que pode fazer profissionais passarem pela crise com mais serenidade e sem perder o "espírito de luta", tomada de decisões em ambientes de alta complexidade, a capacidade de criar ou usar diferentes conjuntos de regras para combinar ou agrupar as coisas de diferentes maneiras, a capacidade de comunicação clara, habilidade de fazer as perguntas certas, de reconhecer o problema atrás do problema, e ser criativo.

Baseado na integração das tecnologias de informação e comunicação (TIC), novas metodologias de ensino surgem como alternativas para atrair e manter os professores e estudantes focados em suas atividades. Aprendizado ativo (*Active Learning*), aprendizagem baseada em projeto, salas de aulas invertidas (*Flipped Classroom*), o aprendizado combinado (*Blended Learning*) e currículo integrado, não são mais novidades pedagógicas, mas são pouco difundidas principalmente nos currículos dos cursos de engenharia. Na próxima seção será apresentada metodologia de ensino e aprendizagem proposta e aplicada, que possui aderência ao curso de Engenharia de Controle e Automação.

4 Estudo de caso de metodologia CDIO adaptada à engenharia de controle e automação

Nessa seção será apresentado estudo de caso, aplicado à engenharia de controle e automação. A técnica de ensino utilizada fundamenta-se em projetos baseados em equipe e na construção de protótipos, com metodologia de ensino que encoraja o aprendizado ativo em cada disciplina.

Para os cursos de engenharia o desafio é combinar as metodologias ativas, com as atividades laboratoriais e experiência prática de 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.” (Krick, 1979; pg. 35).

São apontadas pelo *The New Media Consortium* (NMC), especificamente para o Brasil (Johnson et al, 2014), nove tendências e doze tecnologias para o cenário universitário brasileiro, em curto (1 a 2 anos), médio (3 a 5 anos) e longo prazos (4 a 5 anos). Ainda, no curto prazo, aponta-se que os modelos de ensino híbrido, que possibilitam o *trade-off* entre o presencial e *online*, serão explorados. Em médio prazo,

aponta-se a produção de recursos educacionais e pedagógicos *online* em formato *open source*. Estão incluídos neste quesito a grande gama de conteúdos já disponíveis, em plataformas como a *Khan Academy*, as conferências TED (*Technology, Entertainment and Design*) e os MOOCs (*Massive Open Online Course*): Coursera, OpenCourseWare (OCW), Veduca, dentre outros. A utilização da análise da aprendizagem (*learning analytics*), laboratórios remotos e virtuais, redes sociais para assuntos acadêmicos, salas de aula invertidas, games/gamificação e aplicativos móveis também aumentarão em médio prazo segundo o estudo. No longo prazo, aponta-se a utilização da realidade aumentada, internet das coisas e assistentes virtuais (Johnson et al, 2014). Contudo, a proposta deste trabalho enquadrasse para o cenário de médio e longo prazos com a utilização dos recursos e conteúdo *online* em desenvolvimento.

Percebe-se que diversas disciplinas da matriz curricular não são facilmente compreendidas pelos estudantes por falta de uma visão física/mecânica das situações reais em estudo. Esta falta de competência, 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 produzir conhecimentos, bens e serviços, que atendam às necessidades da sociedade, com eficácia e custos apropriados.

Com o intuito de incentivar a aplicação prática de conceitos teóricos abordados em sala, tornando o curso lúdico e desafiador para o estudante, de forma a aumentar seu conhecimento e interesse pelo curso, e reduzir os índices de evasão, principalmente nos 2 primeiros anos, foi desenvolvido e implantado no Brasil um programa interdisciplinar de projetos semestrais para o curso de Engenharia de Controle e Automação².

Este programa, chamado ARHTE³, prevê um conjunto de ações pedagógicas para elaboração de atividades interdisciplinares, com objetivo de superar a fragmentação do conhecimento em engenharia e a falta de relação com o exercício profissional. O programa ARHTE é baseado na metodologia CDIO, e sua proposta é enfatizar o fato de que engenharia é “conceber, projetar, implementar e operar”. O programa propõe, desde o primeiro semestre letivo, uma

² A experiência de implantação ocorre na Universidade Salvador – UNIFACS, Instituição de ensino superior particular no estado da Bahia, Brasil.

³ O nome do programa une o significado da palavra “arte” em português, que de acordo com o dicionário Aurélio significa: 1. Capacidade humana de criação e sua utilização com vistas a certo resultado, obtido por diferentes meios. 4. Habilidade; Engenho. 5. Ofício (em especial, nas artes manuais); ao que tange a expressão “fazer arte”, característica do Nordeste brasileiro, que está relacionada à desordem, travessura, i.e., fazer algo que vai contra à ordem. A grafia concebida ao programa (ARHTE) é um acrônimo em referência, e homenagem, a *Arquimedes, Robert Hooke e Thomas Edison*.

atmosfera que propicie aplicar na prática a teoria, unindo conceitos de empreendedorismo, viabilidade técnica e comercial de novas ideias, com uma postura profissional na elaboração das propostas (anteprojeto e projeto) e em suas apresentações (bancas de avaliação).

É preparado um ambiente desafiador e encorajador para a promoção do empreendedorismo, que constitui tantas esferas do conhecimento. O ensino do empreendedorismo não deve limitar-se a uma única disciplina, mas deve ser promovido transversalmente ao longo do curso. De acordo com Peter Thiel, fundador do *Paypal* (Thiel, 2014) e investidor de diversas *startups* de sucesso, “o paradoxo de ensinar empreendedorismo é que tal fórmula não pode existir. Como cada inovação é única, nenhuma autoridade consegue prescrever em termos concretos como ser inovador. Toda inovação vai de 0 a 1”.

São quatro etapas previstas no programa, do 1º ao 4º semestre do curso, sob grande tema de ciclo bienal, no qual o estudante perpassará pela concepção de projeto, construção de protótipo e estudo de viabilidade de criação de *startups*. No 2º semestre, os estudantes, organizados em equipes, devem pensar numa grande ideia e apresentar seu projeto para uma banca examinadora; no 3º semestre, as equipes devem construir seus protótipos, escrever artigo descrevendo-o, e apresentar-se através de *banner* em formato de feira tecnológica; no 4º semestre, as equipes elaboram seus planos de negócio no formato CANVAS (Business Model) e postam vídeo, com 2 minutos de duração, ao estilo “*elevator pitch*”. As 3 etapas preveem encontros obrigatórios com professores orientadores, participação em palestras com temas inerentes com cada etapa (ex.: Elaboração de projetos; Elaboração de artigos) e apresentação para banca examinadora.

Além da introdução a engenharia, outras disciplinas âncoras são fundamentais para incentivo e funcionamento do programa interdisciplinar ARHTE. No caso em estudo foram selecionadas as disciplinas de linguagem de programação no 2º período, sistemas digitais no 3º período e Microcontroladores no 4º período. Adicionalmente, são promovidas aulas extracurriculares mistas ao longo do semestre, combinando as turmas dos 4 semestres iniciais, para favorecer a relação entre os conteúdos do curso e para introdução ao núcleo profissionalizante da Engenharia de Controle e Automação ainda no início do curso. As aulas extracurriculares promovem o projeto de circuitos digitais e eletrônicos, programação de sistemas embarcados, projeto de elementos de máquinas, prototipagem rápida através de impressão 3D, introdução a instrumentação e aos sistemas de controle em malha aberta e fechada.

Ferramentas gratuitas como o *TINKERCAD* (www.tinkercad.com), para *design* de projetos, impressão 3D, modelagens de circuitos e programação embarcada, além das plataformas de prototipagem eletrônica como o arduino e o Nodemcu ESP8266,

são utilizadas para o desenvolvimento de projetos que enriqueçam o portfólio dos estudantes, ainda nos períodos iniciais do curso.

Nas disciplinas âncoras são utilizadas metodologias de aprendizado ativo, para verificação do aprendizado em tempo real. Ferramentas gratuitas, tais como Kahoot (kahoot.com), Plickers (plickers.com) e ZipGrade (zipgrade.com) têm se mostrado efetivas para verificação do aprendizado e compreensão do conteúdo por parte de cada aluno. Desta forma, a escolha dos professores para essas disciplinas é fundamental para o programa ARHTE.

Para a construção dos protótipos é demandado o acesso livre dos alunos, fora dos seus horários de aulas, aos laboratórios e demais recursos da instituição. Nos laboratórios deve ser disponibilizado pessoal capacitado (técnicos e monitores) para acompanhamento e orientação no uso dos equipamentos. Os laboratórios devem ser equipados com equipamentos e ferramentas flexíveis, controlados por computador, para manipulação de diferentes materiais. O *FabLab* (Fabrication Laboratory) é o modelo mais apropriado para atendimento ao programa interdisciplinar.

São reservados dois dias do calendário acadêmico exclusivamente para avaliação das equipes e apresentação em formato de feira tecnológica. A avaliação em formato banca visa capacitar e familiarizar o aluno com este processo comum em apresentações de congressos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses.

Todas as etapas constituem pontuação obrigatória em todas as disciplinas, do 1º ao 4º semestre, do curso de Engenharia de Controle e Automação. Os professores das disciplinas transformam-se em orientadores e palestrantes para apoio ao desenvolvimento de cada etapa.

Faz-se necessária a participação do corpo docente na orientação dos projetos desenvolvidos pelos alunos. Parte do tempo da equipe de professores deve ser atribuída para dedicar a este processo de orientação, estando disponíveis para consultas, tanto pessoais quanto por internet, indicando livros e referências, melhores práticas, outros professores, empresas e profissionais da área, e induzindo o raciocínio e aplicação prática das teorias necessárias de forma a viabilizar a execução dos projetos por parte dos alunos.

Adicionalmente, é importante a existência de ecossistema de inovação para dar prosseguimento na orientação das equipes que se destacam na 4ª etapa do programa. Essas equipes devem passar a ser orientadas por incubadora de negócio, com suporte através de agência de inovação, promovendo o surgimento de novas *startups* de base tecnológica e o registro de patentes.

O ecossistema de empreendedorismo e inovação criado permite aos participantes errarem ainda enquanto estudantes, nos quais os riscos e custos financeiros são pequenos, e o tempo para correção dos projetos é significativamente maior quando comparada ao mercado de verdade. O real aprendizado ocorre

com os erros e experiências adquiridas ao longo do processo de amadurecimento. Segundo Arthur Rock, empresário e investidor Americano, um dos primeiros investidores de grandes empresas nascidas no Vale do Silício, "A melhor coisa que já aconteceu com Steve Jobs foi ter sido demitido por nós, ter sido mandado cair fora" (Isaacson, 2011). Sobre o fato que preparou Steve Jobs para o brilhante sucesso em seu retorno a Apple, Isaacson relata:

Na empresa que fundou depois de ser expulso da Apple, ele pôde dar vazão a todos os instintos, os bons e os maus. Não havia restrições. O resultado foi uma série de produtos espetaculares que resultaram em incríveis fracassos comerciais. Esse foi o verdadeiro aprendizado. O que o preparou para o grande sucesso alcançado no terceiro ato não foi a demissão na Apple no primeiro ato, mas os brilhantes fiascos no segundo. (Isaacson, 2011; pg. 238).

O ARHTE iniciou-se em 2008 motivado pelo alto índice de evasão nos cursos, decorrente da desmotivação refletida no baixo desempenho acadêmico de uma parcela do alunado. Com o intuito de incentivar a aplicação prática dos conceitos teóricos abordados em sala, tornando o curso mais lúdico e desafiador para o aluno, além de formar profissionais mais preparados para o mercado de trabalho, foi desenvolvida a estrutura de um programa interdisciplinar de práticas semestrais aplicadas de forma gradual, orientada e continuada, adequadas à grade curricular do curso de Engenharia de Automação e Controle. Gradativamente o ARHTE foi sendo implantado, culminando no formato atual, baseado na metodologia CDIO, proporcionando aos discentes e docentes a discussão, reflexão e execução de projetos interdisciplinares, além de incentivar a pesquisa de temas ligados à tecnologia e áreas correlatas, fomentando o espírito empreendedor.

Dentre as inúmeras conquistas de nossos estudantes e professores destacam-se: 1. Vencedores do Concurso Ideias Inovadoras, promovido pela FAPESB (Governo Bahia), de 2008 a 2014; 2. Vencedor na Competição Internacional de Planos de Negócio James McGuire (Laureate internacional) em 2011; 3. Vencedor na etapa regional (BA) do Desafio Intel Brasil 2010; 4. Vencedor no Prêmio de Empreendedorismo dos Prêmios Santander Universidades (2013); 5. Menção honrosa no Prêmio Top Educacional Professor Mário Palmério (ABMES 2008); 6. Quatro empresas incubadas na incubadora da UNIFACS; 7. Estudante Daniel Veiga, convidado para a Conferência Mundial com Bill Clinton em 2012, pelo desenvolvimento de tecnologias na área de saúde; 8. Empresa aprovada no Programa Nacional Startup Brasil (Pastar Soluções Agropecuárias), empresa também apontada pela Revisa INFO como uma das Startups mais inovadoras em 2014 no Brasil; 9. Depósito de patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Práticas inovadoras, com a utilização das TICs, baseadas em projetos foram adotadas para a engenharia de controle e automação, promovendo o contato com problemas reais da vida profissional, aumentando o interesse de alunos pela engenharia e auxiliando na diminuição da evasão da referida modalidade. Adicionalmente, a organização curricular do curso de Engenharia de Controle e Automação, com a adoção do programa ARHTE, promove o foco em inovação e empreendedorismo tecnológico. O ensino e aprendizagem promovem a construção de portfólio, forçando o aluno a praticar e colocar a "mão na massa".

5 Conclusão

Novos formatos de educação em Engenharia de Controle e Automação, alinhados com as tecnologias existentes e em desenvolvimento, são necessárias para atração e fixação de estudantes e a formação de melhores profissionais, preparados para o mercado em constante evolução. As disciplinas tradicionais previstas nas matrizes curriculares devem ser, sempre que possível e cada vez mais, suplementadas com conteúdo interdisciplinar. Além disso, é fundamental que a teoria abordada em sala de aula esteja acoplada à solução de problemas reais, onde se possam trabalhar as competências requeridas da nova geração de engenheiros. É preciso ir além do que pensar fora da caixa para a criação de modelos educacionais condizentes com tecnologias, currículos e metodologias que se aproximem da realidade no mundo além do âmbito da academia.

O programa ARHTE baseia-se na metodologia CDIO sigla para Conceber, Projetar, Implementar e Operar, em inglês. A metodologia CDIO foi concebido no MIT no final da década de 90 e início do século XXI. Como previsto na metodologia CDIO as disciplinas âncora do programa são coordenadas para caracterizar a interdisciplinaridade da engenharia. No programa ARHTE as disciplinas dos 4 primeiros períodos são envolvidas para a solução de problemas com progressão de complexidade, forçando os estudantes a trabalharem em equipe, aplicando os conhecimentos cumulativos a um projeto abrangente. Outra semelhança entre o programa ARHTE e o CDIO é a verificação do aprendizado em tempo real através da utilização das metodologias de aprendizado ativo e ferramentas TICs. Desta forma os professores constata-se os estudantes estão tendo problemas, e os próprios estudantes são capazes de avaliar sua compreensão do conteúdo. Ao final do ciclo, os estudantes terão passado pela criação, projeto, implementação e operação de sistemas ou produtos.

Os resultados da implantação do programa ARHTE são promissores, contendo desde a preparação dos estudantes para o mercado de trabalho, premiações em concursos regionais, nacionais e internacionais, a formação continuada através de programas de pós-graduação lato ou stricto sensu, dentro e fora do País, o registro de patentes e a criação de novas

empresas de base tecnológica. Os resultados detalhados do programa ARHTE podem ser conferidos através do url: <https://goo.gl/pDQMPq>. Adicionalmente, a taxa de evasão entre o primeiro e o segundo semestres foi reduzido em 22% em 2017, em relação ao mesmo período de 2016. À medida que o programa avança, serão realizadas análises adicionais para ajustes, continuamente, e para provar sua eficácia.

Vale ressaltar também o desafio, para a adoção das tendências e tecnologias no ensino superior, da baixa fluência digital do corpo docente, que deve ser motivação de preocupação das instituições de ensino. Nesse sentido, o treinamento constante, e o compartilhamento das boas práticas, torna-se necessário.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes (Programa de Pós-doutorado no Exterior/Processo nº 88881.119429/2016-01), a Escola Politécnica e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), e a Escola de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Informação (EAETI) da Universidade Salvador (UNIFACS) pelo apoio recebido para a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Bennett, S. (1996). Brief history of automatic control. *Control Systems, IEEE*. 16. 17 - 25. 10.1109/37.506394.
- Bissell C. (2009). A History of Automatic Control. In: Nof S. (eds) *Springer Handbook of Automation*. Springer, Berlin, Heidelberg. ISBN 978-3-540-78830-0.
- Christensen, C. M.; Eyring, H. J. (2014). A universidade inovadora: mudando o DNA do ensino superior de fora para dentro. Porto Alegre. Editora Bookman. 456 p.
- Cox, M. F.; et. al. (2012). Engineering Professionals' Expectations of Undergraduate Engineering Students. *Leadership and Management in Engineering*. Vol 12. pgs 60-70. ISSN 1532-6748 (online): 1943-5630.
- Edström, K.; Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: complementary models for engineering education development. *European Journal of Engineering Education*.
- IEL/Senai. (2006). *Inova Engenharia: propostas para inovação da educação em engenharia no Brasil*. Brasília, 103p.
- Isaacson, W. (2011). *Steve Jobs*. Editora Companhia das Letras. ISBN 978-8535919714.
- Johnson, L.; Adams B. S.; Cummins, M.; e Estrada, V. (2014). *NMC Technology Outlook for Brazilian Universities: A Horizon Project Regional Report*. Austin, Texas: New Media Consortium. ISBN 978-0-9906415-3-7.
- Krick, E. V. (1979). *Introdução à Engenharia*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos.
- Oliveira, V. F., et al (2015). A expansão do número de cursos e de modalidades de engenharia. COBENGE (Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia): *Aprendizagem Ativa: Engenheiros colaborativos para um mundo competitivo*. CUFSA - MAUÁ - FEI - UFABC - UMESP / ABENGE. Setembro, 2015.
- Oliveira, V. F. (2000). *Uma proposta para melhoria do processo de ensino/ aprendizagem nos cursos de Engenharia Civil*. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro, Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE.
- Fernandes, A. M.; et. al. (2015). *Brasil no PISA: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros / OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico*. — São Paulo : Fundação Santillana, 2016. Disponível online através do url: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf.
- Rodrigues, A. C. G. (2004). *Um modelo para a engenharia de controle no Brasil*. Tese de doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Florianópolis.
- Saeki, H.; Imaizumi, S. (2013). *International comparative study: engineering education in India*. South Asia Human Development Sector report no. 57. Washington DC; World Bank.
- Schnaid, F.; et al. (2006). *Ensino da engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI*. Porto Alegre – Rio Grande do Sul. Editora da UFRGS.
- Thiel, P.; Masters, B. (2014). *De zero a um: O que aprender sobre empreendedorismo com o Vale do Silício*. Editora Objetiva. ISBN: 978-8539006205.
- Leopold, T. A. (2016). *The Future of Jobs - Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report. World Economic Forum. January. REF 010116.
- INEP. (2016). *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da Educação Superior 2016. Principais Resultados*. Diretoria de Estatísticas Educacionais - DEED. Disponível online através do url: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2016/censo_superior_tabelas.pdf