

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Formação acadêmica e atuação profissional,
Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos



Organizadora:
Adriana Maria Tonini

Autores Coordenadores:
Gabriel Loureiro de Lima
Nilton Vieira Junior
José Geraldo Ribeiro Júnior

Elzo Alves Aranha
Jorge Candido
Américo Tristão Bernardes
José Silvério Edmundo Germano

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA:

Formação acadêmica e atuação profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos

Organizadora:

Adriana Maria Tonini

Autores Coordenadores:

Gabriel Loureiro de Lima

Niltom Vieira Junior

José Geraldo Ribeiro Júnior

Elzo Alves Aranha

Jorge Candido

Américo Tristão Bernardes

José Silvério Edmundo Germano



Este livro foi organizado a partir das Sessões Dirigidas realizadas no
XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2017 –
Joinville, 26 a 29 de setembro de 2017

O COBENGE é um evento anual promovido pela Associação Brasileira de Educação
em Engenharia – ABENGE.

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

Diretoria da ABENGE

Vanderli Fava de Oliveira	Presidente
Luiz Paulo Mendonça Brandão	Vice-presidente
Vagner Cavenaghi	Diretor Administrativo
Octávio Mattasoglio Neto	Diretor de Comunicação
Luiz Edmundo Prado de Campos	Diretor Acadêmico

Comissão Organizadora do COBENGE 2017

Carlos Emilio Borsa
Jose Fernando Fragalli
Mariana Santos Matos Cavalca
Celso Garcia
Palova Santos Balzer
Marcelo Teixeira dos Santos
Flavio Alves Janones
Dilarimar Costa
Gabriel Elias Hernandez

Conselho Editorial da ABENGE (2015-2018)

Adriano Péres – FURB
Armando José Pinheiro Marques Pires – ITS/Portugal
Benedito Guimarães Aguiar Neto – UPM
Carlos Almir Holanda – UFC
Cristina Gomes de Souza – CEFET-RJ
Erickson Rocha e Almendra – UFRJ
Fabio do Prado – FEI
Gustavo Alves – IPPISEP/Portugal
Humberto Abdalla Júnior – UnB
João Bosco Laudares – PUC-MG / CEFET-MG
João Sergio Cordeiro – UFSCar
José Alberto dos Reis Parise – PUC-Rio
Laurete Zanol Sauer – UCS
Liane Ludwig Loder – UFRGS
Luiz Carlos Scavarda do Carmo – PUC-Rio
Lueny Morell – HP/EUA
Maria José Gazzzi Salum – UFMG
Mário Neto Borges – UFSJ
Mauro Conti Pereira – UCDB
Michelle da Rosa Andrade – FURG
Milton Vieira Junior – UNINOVE
Nival Nunes de Almeida – UERJ
Octavio Mattasoglio Neto – CEUNIMT
Osvaldo Shigeru Nakao – USP
Ricardo Kalid – UFBA
Tânia Regina Dias Silva Pereira – UNEB
Vanderlí Fava de Oliveira – UFJF
Vicente Albéniz Laclaustra – EIC/Colômbia
Walter Antonio Bazzo – UFSC
Zacarias M. Chamberlain Pravia – UPF

SRTVN Bloco A Lote C Salas 730/732 - Centro Empresarial Norte
Condomínio Centro Empresarial Norte - Asa Norte
Brasília - DF – CEP: 70710-200

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998.
Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da Abenge,
poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados:
eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Ficha Técnica:

Coordenação Geral: Adriana Maria Tonini

Capa e Diagramação: Estúdio Há2

Ficha Catalográfica preparada pela ABENGE

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação Acadêmica e
atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos. /,
Adriana Maria Tonini – Organizadores – Brasília: ABENGE, 2017
189 p

C749 XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE
2017) – JOINVILLE/SC, 26 a 29 de setembro de 2017 – ABENGE

ISBN: 978-85-64541-11-5

1 – Ensino e Aprendizagem; 2 – Currículo Baseado em Projetos; 3 –
Educação 4.0; 4 – Educação Empreendedora; 5 – Ensino de Metrologia;
6 – Inovação na Educação em Engenharia

I. Título

CDU: 658.5

SUMÁRIO

Apresentação 8

Capítulo 01 9

CONTEXTUALIZANDO O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

Gabriel Loureiro de Lima, Eloiza Gomes, Adriana Pimenta de Figueiredo, Alex Sandre Kilian, Andréa Soares Bonifácio, Bruna Cavagnoli Boff, Bruno Francisco Teixeira Simões, Cassio Alves, Elenilton Vieira Godoy, Fábio Gerab, Heloisa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves, Isolda Gianni de Lima, Ivete Ana Schmitz Booth, João Bosco Laudares, Laurete Teresinha Zanol Sauer, Luiz Felipe Bortolato Machado, Mara Fernanda Parisoto, Mauricio Romani, Saulo Furletti, Valquíria Villas-Boas.

Capítulo 0236

CURRÍCULO BASEADO EM PROJETOS

Niltom Vieira Junior, Otávio de Avelar Esteves, Lucio Garcia Veraldo Junior, Aline Pimentel Gomes, Deise Boito, Eduardo Brum, Luizmar da Silva Lopes Júnior, Simone Fiori, Vera Maria C. Fernandes, Zacarias M. Chamberlain Pravia, Priscila Ferreira Barbosa de Sousa, Elaine Gomes Assis, Edson Pedro Ferlin.

Capítulo 03.....60

EDUCAÇÃO 4.0: TENDÊNCIAS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE IOT NO ENSINO DE ENGENHARIA

José Geraldo Ribeiro Júnior, Anderson Marcos Henriques, Fabiano Pereira Bhering, Lindolpho O. de Araújo Junior, Maicon Stihler, Sabrina Pereira Ishida, Maria Vitória S.Nicolini, Elis Regina Duarte, Regiane Relva Romano, Anderson Marcos Henriques, Tatiane Augusta Godinho de Carvalho, Adriana Maria Tonini.

Capítulo 0478

EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA EM ENGENHARIA: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NO CONTEXTO BRASILEIRO

Elzo Alves Aranha, Jorge Candido, Gilmar Barreto, José Tarcísio Franco de Camargo, Estéfano Vizconde Veraszto, Alberto Bastos do Canto Filho, Liane Ludwig Loder, Sérgio Luiz Schubert Severo, Andréa Cristina dos Santos, Fabio Pires, Dianne Magalhães Viana, Paulo Victor de Oliveira Miguel, Samira Muhammad Ismail, Rodrigo dos Santos Cardoso, Claudia Renate Ferreira, Marcia Cristina Sarda Espindola, Ida Luciana Martins Noriler, Christopher Freire Souza, Ewerton Amorim de Oliveira

Capítulo 05126

ENSINO DE METROLOGIA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Américo Tristão Bernardes, Alexandre Mendes, Ana Lúcia Carneiro Fernandes Souto, José Mauro Granjeiro, Luciana e Sá Alves, Marta Ferreira Abdala Mendes, Rodrigo P.B. Costa-Felix.

Capítulo 06159

INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA VOLTADA À CRIAÇÃO DE UM PLANO ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL

José Silvério Edmundo Germano, José André Peres Angotti, Cassiano Zeferino de Carvalho Neto, Marinez Cargnin-Stieler, Simone Leal Schwertl, Maria Helena Campos Soares de Mello, Iago Felício Dornelas, Elizabete Ribeiro Sanches da Silva, André Gustavo Schaeffer, Priscila Freitas-Lemes, Douglas Carlos Vilela.

APRESENTAÇÃO DO LIVRO

Este é o nono livro organizado a partir dos resultados dos trabalhos apresentados e discutidos em Sessões Dirigidas (SDs) do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Isto significa a consolidação dessa modalidade de apresentação e discussão de trabalhos em congressos científicos. Os capítulos deste volume foram construídos nas SDs realizadas durante o COBENGE 2017, ocorrido em Joinville - SC, de 26 a 29 de setembro de 2017.

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

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

No seu conjunto, os capítulos deste livro, que se alinhavam pela temática relativa aos “DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação acadêmica e atuação profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos”, constituem-se em um importante material produzido por autores de diferentes instituições, que foram significativamente enriquecidos pelas discussões com grupos afins em cada Sessão. Com isso, este livro representa não só a visão de seus autores, mas também os resultados dos debates das ideias e das conclusões que esses autores submeteram à discussão nas suas respectivas SDs.

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

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZANDO O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

Gabriel Loureiro de Lima

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP

Eloiza Gomes

Instituto Mauá de tecnologia – IMT

Adriana Pimenta de Figueiredo

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Alex Sandre Kilian

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Andréa Soares Bonifácio

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Bruna Cavagnoli Boff

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Bruno Francisco Teixeira Simões

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Cassio Alves

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Elenilton Vieira Godoy

Centro Universitário FEI

Fábio Gerab

Centro Universitário FEI

Heloisa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Isolda Gianni de Lima
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Ivete Ana Schmitz Booth
Universidade de Caxias do Sul – UCS

João Bosco Laudares
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas

Laurete Teresinha Zanol Sauer
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Luiz Felipe Bortolato Machado
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Mara Fernanda Parisoto
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Maurício Romani
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Saulo Furletti
Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG

Valquíria Villas-Boas
Universidade de Caxias do Sul – UCS

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. O ensino de ciências básicas e matemática na engenharia	14
3. Ciências básicas e matemática em contexto	16
4. Os currículos dos cursos de engenharia e os professores de ciências básicas e matemática que neles atuam... ..	19
5. Algumas propostas e intervenções	24
5.1. Inovação Tecnológica integrada à Educação Empreendedora	24
5.2. Uma sequência didática para a aprendizagem significativa de funções exponencial e logarítmica.....	26
5.3. Representações de um fenômeno por meio de Equações Diferenciais Ordinárias e Resolução de Problemas.....	28
6. Considerações finais	30
7. Bibliografia	32

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZANDO O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

Conforme apontam estudos desenvolvidos por Richard Buckminster Fuller (1895-1983), enquanto até 1900 o conhecimento humano dobrava aproximadamente a cada século, hoje o mesmo ocorre, em média, a cada 13 meses e, segundo a IBM, a *Internet das Coisas* provavelmente levará, em breve, a uma duplicação do conhecimento a cada 12 horas. Em contraposição a esse cenário, a carga horária mínima exigida para os cursos de Engenharia tem diminuído paulatinamente desde o início dos anos 2000. Consequentemente, o curso de graduação em Engenharia que, no passado, muitas vezes era visto como o término na formação do profissional, atualmente é concebido apenas como um estágio no processo contínuo de aprendizagem do engenheiro.

Neste cenário, reflexões a respeito dos currículos dos cursos de Engenharia tornam-se inevitáveis, ainda mais considerando que, em muitos países, inclusive no Brasil, há uma carência por profissionais desta área. Atualmente se formam aproximadamente 38 mil engenheiros por ano, sendo que o necessário seria em torno de 60 mil por ano¹. Essa carência pode ser explicada devido a diversos motivos, como as altas taxas de evasão e de reprovação nos primeiros anos dos cursos de Engenharia ou ainda o deslocamento dos engenheiros, depois de formados, para outras áreas de atuação, como a gestão de uma empresa, por exemplo.

Diante de uma gama tão ampla de conhecimentos e de uma carga horária cada vez mais reduzida, o que deve ser ensinado ao futuro profissional para que este esteja efetivamente preparado para enfrentar problemas reais em seu cotidiano profissional? Que papéis deveriam desempenhar as Ciências Básicas e a Matemática (CBM) na formação do futuro engenheiro?

Neste sentido, estudos (CAMARENA, 2013; BIANCHINI *et al.*, 2017; FIRME, RIBEIRO, BARBOSA, 2008; CARDELLA, 2008; BARKER *et al.*, 2004; GANTER, BARKER, 2004) evidenciam que a falta de motivação dos futuros engenheiros para estudar as CBM na graduação em Engenharia está diretamente relacionada à falta de contextualização das mesmas. É necessário, então, proporcionar aos estudantes de Engenharia um ensino contextualizado das CBM, levando-se em consideração as particularidades daquele curso de graduação e da futura atuação profissional de seus egressos.

É exatamente essa ideia de contextualizar o ensino de CBM nas Engenharias que guia as reflexões apresentadas neste capítulo, que teve origem nas

¹ Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,precisamos-de-engenheiros-inovadores-imp-,838124>. Acesso em: 03 de novembro de 2017.

discussões realizadas no âmbito de uma Sessão Dirigida desenvolvida no XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, com os seguintes objetivos:

(i) Compartilhar experiências didáticas e resultados de pesquisas desenvolvidas no âmbito de diferentes instituições em relação ao ensino contextualizado de Ciências Básicas e de seus possíveis reflexos na aprendizagem dos futuros engenheiros;

(ii) Discutir os papéis desempenhados pelas CBM na formação do futuro engenheiro e na construção, por parte destes graduandos, de competências profissionais e laborais;

(iii) Dar início a um processo de reflexão coletiva a respeito de quais conceitos das CBM devem efetivamente ser valorizados na formação do engenheiro e quais aqueles que devem permanecer nos programas apenas para manter-se a estrutura lógica do conhecimento, visando, a partir de tais reflexões, a um redimensionamento na organização dos currículos em cada uma das modalidades de Engenharia;

(iv) Refletir a respeito de como os professores que ministram disciplinas de CBM nas Engenharias podem se preparar para fazê-lo de maneira contextualizada e, conseqüentemente, em consonância com as especificidades requeridas pelos graduandos nas diferentes modalidades de Engenharia.

O capítulo é organizado em seções por meio das quais buscamos refletir a respeito dos principais pontos discutidos nos trabalhos apresentados na supracitada Sessão Dirigida e nos debates que sucederam tais apresentações.

Primeiramente, apresentamos considerações gerais a respeito do ensino e da aprendizagem em cursos universitários na contemporaneidade, enfatizando, especificamente, as CBM na graduação em Engenharia. Ressaltamos alguns discursos a serem superados e também pontos consensuais a partir dos quais as ações devem ser propostas.

A seguir, trazemos reflexões relativas à contextualização das CBM nas diferentes modalidades de engenharias, destacando principalmente a necessidade de compreender as vinculações entre os conteúdos básicos, específicos e profissionalizantes, presentes nestes cursos.

Então, destacamos, em uma seção posterior, a importância de reformulações curriculares e de reflexões referentes à formação dos professores que ministram disciplinas de CBM nas engenharias para que, efetivamente, o ensino possa ser reorientado no sentido de promover a contextualização.

Na sequência, trazemos exemplos de propostas ou intervenções já realizadas por parte dos autores desse capítulo no que diz respeito a abordagens contextualizadas das CBM, em diferentes modalidades de Engenharia.

Encerramos o capítulo apresentando alguns desafios a serem urgentemente enfrentados para que propostas envolvendo a contextualização das CBM nas engenharias possam efetivamente deixar o plano das ideias e serem postas em prática nas operacionalizações dos projetos pedagógicos.

2. O ENSINO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

Os avanços vivenciados pela sociedade – nas últimas décadas do século XX e nas primeiras do século XXI –, em termos tecnológicos e de difusão de conhecimentos, não se refletem, muitas vezes, na maneira como é conduzido o ensino nas universidades:

Embora se diga que vivemos em uma sociedade do conhecimento, para a maioria dos cidadãos, incluindo boa parte dos profissionais formados pelas universidades, isso é mais um desejo do que uma realidade. Somos constantemente submetidos a uma avalanche de informações cruzadas, às vezes contraditórias ou incompatíveis, às quais é muito difícil dar sentido (POZO, 2007, p. 39 – tradução nossa).

Nos cursos universitários atuais continuam prevalecendo, na maioria das vezes, modelos centrados na “transmissão” de conhecimentos por meio da reprodução do que está presente em livros didáticos ou apostilas preparadas pelos docentes, quando, na contemporaneidade, segundo Pozo: “uma das metas essenciais da formação universitária deveria ser tornar os alunos capazes de gerir a *informação* que recebem para convertê-la em verdadeiro *conhecimento*” (POZO, 2007, p. 39 – tradução nossa e grifos do autor).

O mesmo autor ressalta que a formação profissional de alto nível deve ter como meta principal fomentar o estudante universitário para a “utilização autônoma do conhecimento em um contexto social e profissional muito dinâmico” (p. 39), que exige, sobretudo, maneiras diferentes de conceber e gerir o próprio conhecimento, tanto em âmbitos educativos quanto em âmbitos profissionais.

Conforme destaca Pozo (2007), devemos nos questionar se a cultura educacional tradicionalmente presente nas universidades responde adequadamente a essa demanda. Certamente não! É então necessária uma mudança substantiva na maneira de conceber os processos de ensino e de aprendizagem nos cursos de graduação.

Estudos realizados por pesquisadores em Educação, tais como Demo (2014), Carvalho (2011), Moreira (2011), Barr e Tagg (1995) têm contribuído com discussões importantes sobre formas de conduzir os processos de ensinar e aprender. Esses pesquisadores sinalizam a importância de criar espaços de articulação entre teoria e prática e da multiplicidade de vivências.

Neste capítulo, voltamos nossa atenção especificamente aos cursos de Engenharia, nos quais é importante buscar a articulação entre os conhecimentos construídos nos ciclos básico e profissional, e ponderar a respeito das habilidades e atitudes que devem ser desenvolvidas pelos alunos de graduação durante o seu processo de formação e que serão requeridas no mercado de trabalho cada vez mais competitivo e globalizado.

No caso específico das disciplinas de CBM, Bianchini *et al.* (2017) relatam que as dificuldades que os alunos apresentam estão relacionadas principalmente

ao fato de não compreenderem as vinculações existentes entre tais disciplinas e aquelas específicas e profissionalizantes, que constituem a matriz curricular de seu curso de graduação. Os estudantes universitários não conseguem observar, também, aplicações em sua futura profissão e acabam considerando, então, estas disciplinas apenas como obstáculos a serem superados. Esse cenário os desestimula em seus estudos, resultando notas baixas logo nas primeiras provas.

As dificuldades nas disciplinas de CBM são agravadas por deficiências em relação aos conteúdos que deveriam ter sido estudados na Educação Básica e que são essenciais para o acompanhamento adequado das disciplinas de CBM. Tais conteúdos são revistos no Ensino Superior – com um maior aprofundamento e em menor tempo – de modo que os alunos que não possuem “base” enfrentam maiores dificuldades no início da sua vida acadêmica.

Ou seja, os cursos de Engenharia estão recebendo estudantes que, na maioria das vezes, não possuem a formação esperada em CBM e que irão cursar, diretamente, disciplinas que, em muitos casos, são abordadas de maneiras totalmente desvinculadas de sua futura área de atuação profissional.

A análise de aproveitamentos em avaliações revela, ano após ano, altas taxas de reprovação e de evasão e, na aplicação de avaliações diagnósticas, é recorrente o grande número de estudantes de Engenharia com dificuldades, por exemplo, em matemática básica, que interferem no avanço desses estudantes nos seus cursos e prejudicam o aproveitamento em outras disciplinas (Cf. ARMS-TRONG, CROFT, 1999; ARAÚJO *et al.*, 2007; CARR *et al.*, 2014; NITE *et al.*, 2015).

Ressaltamos que as altas taxas de evasão e reprovação nos cursos de Engenharia, bem como a supracitada formação deficitária, em termos de conteúdos básicos dos ingressantes, são temáticas suficientemente exploradas em pesquisas. São fatos, portanto, já muito bem conhecidos e quantificados. Postulamos então que, ao invés de nos dedicarmos a novas investigações a respeito desses temas, o que devemos fazer é buscar maneiras de efetivamente minimizar tais problemas. Neste sentido é que afirmamos que discursos recorrentes entre professores do ensino superior, como os de que “o aluno não tem base”, devem ser superados e concretamente substituídos por ações em prol de auxiliá-lo em seu processo de construção de conhecimento, especialmente nas disciplinas de CBM, nos primeiros anos dos cursos de Engenharia.

Processos de ensino e de aprendizagem, com potencial para mudar esse cenário, precisam estar focados, cada vez mais, em ações dos estudantes em situações contextualizadas, em suas futuras áreas de atuação profissional, que favoreçam a interação, a colaboração, a troca de conhecimentos e o desenvolvimento de aprendizagens significativas, no sentido dado por Ausubel (2012). Há consenso também entre os autores deste capítulo quanto às potencialidades das tecnologias digitais e à necessidade de se buscar novas estratégias como, por exemplo, aquelas baseadas em pressupostos da aprendizagem ativa, ou seja, que:

Com a aplicação dessas estratégias, evidentemente, não se pretende “encher” a cabeça dos estudantes com conhecimento, mas sim fornecer a eles um ambiente de aprendizagem bem adaptado, que lhes permita “aprender a aprender”, e ao mesmo tempo adquirir uma combinação de conhecimento, habilidades e atitudes necessárias para desenvolver as competências profissionais necessárias a um engenheiro (VILLAS-BOAS *et al.*, 2012, p. 66).

Neste capítulo, como seu próprio título indica, nosso objetivo é discutir a respeito das potencialidades da contextualização das CBM nas Engenharias. Tal discussão é fundamentada no referencial *Ciências em Contexto*, desenvolvido pela pesquisadora mexicana Patricia Camarena do Instituto Politécnico Nacional do México. É a respeito de tal referencial e, de maneira mais ampla, da contextualização das CBM nas diferentes modalidades de Engenharia, que trataremos na próxima seção.

3. CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA EM CONTEXTO

No caso específico dos cursos de Engenharia, como salientam Bianchini *et al.* (2017), a ideia de contextualizar um determinado conteúdo das CBM está relacionada à vinculação deste com outros tratados, tanto nas disciplinas específicas e profissionalizantes a serem cursadas pelos graduandos, quanto com aqueles presentes nas situações que os engenheiros enfrentam em seus cotidianos profissionais.

Os mesmos autores destacam que Alpers *et al.* (2013) – a partir das pesquisas de Cardella (2008), Barker *et al.* (2004) e Ganter e Barker (2004) – salientam que o futuro engenheiro, ao mobilizar um conceito “em diferentes situações de aplicação, constrói efetivamente significados para o mesmo, além de desenvolver uma atitude diferente” (ALPERS *et al.*, 2013, p. 12) em relação aos conteúdos de CBM que estudará na graduação, percebendo-os, efetivamente, como possíveis ferramentas para sua área de estudo e futura atuação profissional.

A contextualização das CBM nos cursos de Engenharia implica diretamente na motivação do graduando para estudar os conceitos desta área. Este aspecto, aliado à facilidade com que os estudantes lidam com recursos tecnológicos, *softwares* ou aplicativos que, rapidamente, podem ser instalados em *smartphones* ou *notebooks* são fatores que advogam em prol de um enfoque das CBM nas engenharias a partir de situações reais. É fundamental que o engenheiro, em sua formação, desenvolva habilidades que lhe possibilitem se apropriar das teorias estudadas e aplicá-las a problemas enfrentados no mundo real.

Conforme relatam Lima, Bianchini e Gomes, em Camarena (2002), a autora do referencial *Ciências em Contexto* menciona que, na universidade, o que motiva o graduando “é o trabalho, desde o início do curso, com elementos diretamente relacionados à carreira profissional pretendida” (2016, p. 3). Segundo Camarena

(2002) *apud* Lima, Bianchini e Gomes essa “ideia (foi) corroborada por meio dos dados obtidos a partir de entrevistas realizadas com professores, alunos e engenheiros visando investigar como motivar os estudantes para o estudo das ciências básicas” (2016, p. 3).

Para Camarena (2002) *apud* Lima, Bianchini e Gomes (2016), um ensino contextualizado das CBM nos cursos de Engenharia pode favorecer aos estudantes a construção de seus próprios conhecimentos, estruturados e não fracionados, com amarras firmes, duradouras e não voláteis, alcançando então aprendizagens significativas, na concepção de Ausubel (2012).

Lima, Bianchini e Gomes (2016), a partir das ideias de Camarena (2002), relatam que “os conteúdos trabalhados nas CBM devem fornecer aos estudantes de Engenharia os elementos cognitivos e as ferramentas que eles utilizarão nas matérias específicas de seu curso de graduação” (2016, p. 3). Esse é “o paradigma educativo que deve guiar o planejamento curricular de tais disciplinas nas Engenharias”. Afinal, estas são o ‘cimento’ desta área de conhecimento, mas em tais graduações não podem ser metas por si mesmas. “A Física e a Química, por exemplo, são as bases cognitivas da Engenharia, enquanto que a Matemática é uma ferramenta de apoio e também matéria formativa para aqueles que a estudam” (CAMARENA, 2002, p. 5).

As disciplinas de CBM devem proporcionar ao futuro engenheiro a construção de competências, concebidas como “os alicerces do futuro profissional para enfrentar uma situação-problema fazendo uso da integração de toda sua bagagem de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que são mobilizados em suas estruturas cognitivas” (CAMARENA, 2011, p. 114).

O referencial *Ciências em Contexto* engloba um modelo didático específico, a chamada “Didática do Contexto”, que tem como seu ponto chave a ideia de possibilitar ao estudante a construção interdisciplinar das CBM contextualizadas nas áreas de conhecimento de sua futura profissão, recorrendo-se, para isso, ao que Camarena (2013) denomina de “eventos contextualizados”. Estes são, segundo Lima, Bianchini e Gomes problemas ou projetos que desempenham o papel de entes integradores entre as disciplinas de Ciências Básicas e as demais, presentes nos currículos de Engenharia:

[...] convertendo-se em ferramentas para o trabalho interdisciplinar no ambiente de aprendizagem. Tais eventos podem ser empregados com diferentes funções: diagnóstica, motivadora, para introduzir um conceito novo, para construir conhecimentos, para avaliação, dentre outras (LIMA; BIANCHINI; GOMES, 2016, p. 7-8).

Diante dessas considerações, fica evidente a importância de propostas pedagógicas, as quais tenham por objetivo melhorar o processo de aprender, com estratégias que favorecem a contextualização e a ampliação da compreensão de

conceitos, pois o ensino é o meio e a aprendizagem significativa deve ser o fim (Cf. MOREIRA, 2011).

Tendo em mente as questões apresentadas nesta seção, evidenciamos que, no cenário atual da formação de engenheiros, não faz mais sentido continuar trabalhando as CBM nos primeiros anos dos cursos sem nenhuma vinculação com questões com as quais o futuro engenheiro irá se deparar em seu cotidiano profissional, ou seja, ensinar a “base” sem conexão com suas aplicações. Faz-se necessário consolidar um novo paradigma que priorize o ensino dos conceitos fundamentais, mas articulando-os fortemente, por meio de problemas ou projetos integradores, às suas aplicações no contexto específico de determinada modalidade de Engenharia.

Por exemplo, a Pesquisa Operacional (PO) é uma das subáreas da Engenharia de Produção, de acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). Para tal associação, a PO é concebida como uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. É uma disciplina em que a teoria e a aplicação caminham juntas e apresenta um alto grau de complexidade, devido ao seu caráter multidisciplinar que alia os conteúdos ensinados nas disciplinas de Cálculo, Álgebra Linear, Probabilidade, Estatística e Programação para resolver os problemas de tomada de decisão.

Para a resolução de tais problemas, a equipe de PO necessita coletar dados para obter os parâmetros no modelo de programação matemática que será formulado. Esse modelo é composto por uma função objetiva com a qual deseja-se otimizar (maximizar ou minimizar) um alvo (por exemplo receita, custo, lucro), sujeito a restrições de mercado, físicas e tecnológicas, que são expressas no modelo como equações ou inequações matemáticas.

Em especial, a PO precisa de conteúdos da Álgebra Linear para a compreensão e resolução dos modelos lineares para a tomada de decisões. Já os modelos de programação não lineares mantêm íntima ligação com o Cálculo Diferencial. São necessários, dentre outros procedimentos: realizar operações com matrizes; resolver sistemas de equações lineares; calcular o vetor gradiente e calcular derivadas.

Muitos problemas tratados pela PO usam conceitos da Economia, que exige o uso de derivadas para se calcular os valores que por definição são taxas de variação, como por exemplo, receita marginal, custo marginal e elasticidade-preço da demanda.

Também, no contexto da Engenharia de Produção, no sentido de estabelecer uma melhor relação entre qualidade e produtividade, a Estatística tem papel relevante ao desenvolver ferramentas para a melhoria contínua da qualidade de processos. O Controle Estatístico de Processos constitui-se por diferentes métodos, utilizados para aferir a qualidade de produtos ou serviços a fim de que possamos detectar se há atuação de algum fator externo que possa afetá-la.

Devemos, portanto, pensar em ações que visem a conscientizar os alunos sobre a necessidade do bom aproveitamento dos conhecimentos construídos nas disciplinas de CBM, buscando efetivas interfaces destas com as demais que compõem o currículo de determinada modalidade de Engenharia.

A concretização das ideias apresentadas nesta seção exige reformulações curriculares dos cursos de Engenharia e também uma postura diferenciada dos docentes que neles lecionam disciplinas de CBM. É a respeito destes dois aspectos que discutimos a seguir.

4. OS CURRÍCULOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA E OS PROFESSORES DE CIÊNCIAS BÁSICAS E MATEMÁTICA QUE NELES ATUAM

A discussão a respeito de necessárias reformulações estruturais dos cursos de Engenharia passa, em primeiro lugar, por reflexões a respeito das distribuições das disciplinas de CBM nas matrizes curriculares. Usualmente estas disciplinas concentram-se nos primeiros períodos do curso, o que dificulta significativamente uma abordagem contextualizada, uma vez que, nestes momentos de suas formações, os conhecimentos específicos dos estudantes ainda são reduzidos. A Álgebra Linear, por exemplo, revela o seu potencial ao estudante apenas quando o mesmo se depara com suas aplicações em processamento de imagens, circuitos, estatística multivariada, etc. Mas como estabelecer tais vinculações e consequentemente dar significado aos conceitos da disciplina logo nos primeiros semestres da graduação?

Neste sentido, uma das necessidades que nós, autores deste capítulo, apontamos é, então, a de repensar os currículos das engenharias de maneira a distribuir as CBM de forma mais consistente ao longo do curso. É preciso considerar, inclusive, que nem todas as modalidades de Engenharia precisam ter os mesmos currículos com relação às disciplinas de CBM; isso, aliás, não faria sequer sentido, uma vez que as especificidades de cada modalidade devem ser levadas em conta. Desta maneira, em cada um dos cursos, as disciplinas de CBM, em maior ou menor número e abordadas também com diferentes níveis de profundidade, podem ter localizações diferenciadas nas matrizes curriculares.

Essa mudança de paradigma, no entanto, esbarra em uma série de entraves, desde os relativos às concepções dos docentes até àqueles administrativos e relacionados à organização e à gestão das instituições de ensino superior. Por esta razão, entendemos que esta possa ser favorecida por Diretrizes Curriculares que, alinhadas a essa ideia, possam ser estabelecidas.

Na realidade, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, estabelecidas pela Resolução CNE/CES 11/2002², atualmente em vigor, já dão abertura para novas organizações curriculares dos cursos, mas, conforme discutido durante a Sessão Dirigida que deu origem a esse capítulo, na prática, ainda estamos no paradigma da resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação³, que, conforme evidenciam Pinto, Portela e Oliveira (2003), estabelecia um currículo mínimo para os cursos de Engenharia, organizado em parte comum (formação básica e formação geral), parte diversificada (formação profissional geral e específica) e disciplinas exigidas por legislações específicas:

2 Ver Pinto, Portela e Oliveira, 2003.

3 Ver Pinto, Portela e Oliveira, 2003.

A nova legislação (CNE/CES 11/2002) assegura ao ensino superior maior flexibilidade na organização curricular dos cursos, pela extinção da figura formal do currículo mínimo estabelecido na Resolução 48/76, e pela valorização das atividades fora da sala de aula. Na Resolução 48/76, o currículo é apenas um conjunto de matérias, que foram divididas em disciplinas encadeadas através de pré-requisitos. Nesta condição, muitas vezes podem-se considerar estes currículos como “colchas de retalhos sem costuras”, pois ao final de todo o processo de formação não se conseguia verificar uma unidade. Além disso, não se levavam em conta outras experiências ou competências adquiridas. A CNE/CES 11/2002 apresenta uma nova característica para a organização curricular, na qual se procura desenvolver uma visão integradora, ao invés de fragmentada, dando ênfase às ideias e à criatividade, ao invés da memorização (PINTO; PORTELA; OLIVEIRA, 2003, p. 5).

As Diretrizes, em vigor, nos dão, portanto, a possibilidade de rearranjar os conteúdos nas matrizes curriculares da forma mais conveniente à formação profissional do estudante de Engenharia. Ao invés de ciclos básicos, se for o caso, podemos pensar em troncos comuns, se houver mais de uma habilitação em Engenharia em determinada instituição, mas para motivar os estudantes, podemos introduzir conteúdos profissionalizantes já no início do curso.

É preciso esclarecer que as reorientações aqui propostas não são no sentido de eliminar as CBM dos currículos de Engenharia ou de dar a elas uma abordagem superficial, transformando tais cursos em técnicos; muito pelo contrário. A construção de uma base sólida de conhecimentos nessas áreas, que é o que efetivamente possibilitará ao futuro profissional promover inovações, constitui-se como um diferencial para o engenheiro. A questão é, então, como trabalhar com os conteúdos. Conforme ressalta Camarena (2010), é necessário que um engenheiro tenha uma formação consistente em CBM, porém em CBM no contexto da Engenharia.

Camarena (2002) ressalta a necessidade de se planejar currículos de CBM para as Engenharias “de tal forma que o professor tenha clareza (por exemplo) a respeito da razão de se trabalhar cada tema presente e, com isso, possa motivar o estudante, mostrando-lhe a vinculação da Física e da Química com a Engenharia e as aplicações da Matemática” (CAMARENA, 2002, p. 3) na mesma. Devemos considerar que não faz sentido o graduando passar dois anos estudando as disciplinas de CBM para somente no terceiro ano efetivamente começar a estudar Engenharia. É preciso que o currículo seja objetivo, focado naquilo que realmente importa para a formação de um engenheiro; as disciplinas, principalmente as de CBM, devem ser construídas levando esse princípio em consideração.

Nesse sentido, é necessário construir currículos de tal forma que as disciplinas da graduação sejam pensadas em conjunto, para alcançar a transdisciplina-

ridade, entendida como “aquilo que *está ao mesmo tempo entre* as disciplinas, *através* das diferentes disciplinas e *além* de qualquer disciplina” (NICOLESCU, 2000, p. 11 – grifos do autor).

Outro aspecto importante é incluir nos currículos disciplinas envolvendo aplicações práticas das teorias estudadas, uma vez que uma análise realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2014, ressaltou que os engenheiros recém-formados saem das graduações com uma extensa bagagem teórica, mas pouca experiência prática.

Podemos dizer, então, que o “x” da questão é a reavaliação das necessidades do currículo, do ponto de vista prático, para as ações de integração das disciplinas. É preciso valorizar os conceitos fundamentais e não as tecnicidades, que são cada vez mais efêmeras, uma vez que as habilidades do futuro engenheiro estão diretamente relacionadas às referências científicas que embasam tais conceitos.

Um ponto central a ser levado em consideração, no entanto, é que pouco adianta um currículo bem estruturado se o professor que o irá colocar em prática não estiver alinhado à ideia presente em tal organização ou preparado, em razão de suas concepções a respeito de como se dá a construção do conhecimento, para conduzi-lo.

É essencial, portanto, atrelado a essas reflexões curriculares, pensarmos a respeito dos percursos formativos dos docentes que atuam nos cursos de Engenharia, uma vez que é no dia a dia, em sala de aula, no contato professor/aluno, que um currículo inovador irá ou não efetivamente se materializar.

Devemos nos questionar então sobre quem são esses docentes que estão ministrando aulas nas engenharias, com todas as dificuldades que esses cursos hoje enfrentam, também por conta de problemas na educação básica.

Conforme ressaltam Gomes *et al.* (2017), as formações dos docentes que ministram aulas de Matemática em cursos de Engenharia, em geral, são diversificadas. Estes podem ser licenciados ou bacharéis em Matemática, físicos, engenheiros, etc.

Para exemplificar esse cenário, trazemos alguns dados obtidos por meio de um estudo realizado junto aos professores do departamento de Matemática de uma Instituição de Ensino Superior (IES) privada confessional. A análise das respostas obtidas a partir da aplicação de um questionário contendo quarenta e nove questões e que foi respondido por 27 professores evidenciou que:

- (i) Em relação à graduação dos docentes entrevistados, 31% possuem Licenciatura em Matemática, 24% Bacharelado em Matemática, 17% Bacharelado e Licenciatura em Matemática, 14% Bacharelado em Engenharia, 7% Ciências com habilitação em Matemática e 7% Bacharelado em Física;
- (ii) Em relação ao mestrado, 44,6% dos docentes pesquisados possuem mestrado em Física, Ciências, Matemática Pura e Matemática Apli-

- cada; 32,6% em Educação, Educação Matemática e Ensino de Ciências e Matemática; 7,6% em História da Matemática e História da Ciência; 7,6% em Engenharia e 7,6% em outras áreas;
- (iii) Em relação ao doutorado, 39,2% são das áreas de Educação, Educação Matemática e Ensino de Ciências e Matemática, 24% da área de Engenharia, 19% da área Física, Ciências, Matemática Pura e Matemática Aplicada, 8,9% da área de História da Matemática e História da Ciência e 8,9% de outras áreas;
 - (iv) Os professores possuem pouco tempo de experiência profissional em atividades não docentes;
 - (v) O corpo docente possui elevada carga de trabalho e tem a IES como principal fonte de trabalho;
 - (vi) A maior parte dos docentes diz analisar, frequentemente, suas práticas;
 - (vii) Uma boa parcela dos professores, ao planejar suas aulas, além de conhecer o conteúdo matemático a ser ministrado, reconhece que deveria se preocupar com a aplicabilidade do que será ensinado, em especial no curso de graduação em que está atuando;
 - (viii) Os professores, muitas vezes, possuem, ainda que de maneira sutil, percepções distintas quanto à relevância de cada uma das diferentes dimensões presentes nos processos de ensino e de aprendizagem.

Embora este seja um retrato de uma instituição específica, muito provavelmente esse panorama seja recorrente em outras IES brasileiras. Além disso, cenários semelhantes ao da Matemática possivelmente podem ser observados em relação às Ciências Básicas.

Em razão dessa diversidade de formações, conforme destacam Gomes *et al.* (2017, p. 5), “as construções dos Conhecimentos Didáticos (CD) e dos Conhecimentos Pedagógicos (CP) não ocorrem, ao menos para uma parcela dos docentes, em suas formações iniciais”. Os autores ressaltam que essas podem se dar em cursos de pós-graduação *lato sensu* ou *stricto sensu* ou, mesmo que, de maneira não sistematizada, nas próprias práticas desses professores.

Durante os debates realizados ao longo da Sessão Dirigida a partir da qual esse capítulo foi redigido, ressaltamos, então, que uma ação importante seria as escolas de Engenharia, ao contratarem novos docentes, oferecerem a eles uma formação visando efetivamente a instrumentá-los para conduzir seus trabalhos em sala de aula.

Também, ao longo dos referidos debates, destacamos a importância de se dar aos professores das engenharias oportunidades para que eles possam transformar algumas de suas concepções em relação aos processos de ensino e de aprendizagem. Segundo Booth e Villas-Boas (2014), ensinar é ainda sinônimo de apresentar informações. Com essa concepção, o professor está focado na exposição de conteúdos e os estudantes são meros ouvintes. Nada vai mudar, sem estudos e ações para a ruptura desse paradigma. A função do professor do ensino superior, atualmente, deve ser orientar o estudante a construir seu próprio conhecimento. Conforme ressalta Parisoto:

A responsabilidade do professor, dentre outras, é mostrar aos alunos um conjunto de situações pertinentes e fornecer explicações adequadas a tais situações. Deste modo, o professor está fazendo o papel de mediador de aprendizagem (PARISOTO, 2015, p. 71).

Os docentes precisam, então, considerar ações pedagógicas inovadoras, concebendo novas propostas para os processos de ensino e de aprendizagem. Uhmann e Zanon (2013) também destacam que o professor pode atuar como um guia regulador da aprendizagem, utilizando estratégias como mapas conceituais, para desenvolver maior capacidade cognitiva nas atividades de aprendizagem. Segundo Lopes (2007), dificuldades de aprendizagem parecem relacionar-se entre si pela forma como os conteúdos são selecionados, desenvolvidos, organizados e planejados. Nesse sentido, é relevante que o professor esteja preparado para propor estratégias pedagógicas, na tentativa de criar condições para uma aprendizagem significativa e consequente aumento dos índices de aprovação nos cursos de Engenharia.

Outro elemento complicador, agregado às discussões sobre as formações iniciais e continuadas dos docentes que atuam nos cursos de Engenharia, diz respeito ao seguinte: quando as universidades, em especial as públicas, contratam professores, esses contratos estão muito mais vinculados à pesquisa do que à docência. Os profissionais são contratados, na realidade, como pesquisadores e acabam exercendo a docência como uma atividade complementar. Dessa forma, as aulas na graduação, incluindo aquelas nos cursos de Engenharia, não são prioridades para esses professores, que precisam dedicar grande parte de seu tempo às pesquisas em suas áreas específicas de formação e de contratação. Assim, se durante suas graduações ou pós-graduações esses profissionais não tiverem vivenciado algum tipo de formação docente, muito provavelmente também não buscarão construir conhecimentos didáticos e pedagógicos para atuar em salas de aula e completar as horas de seus contratos, construir conhecimentos didáticos e pedagógicos. É por essa razão que defendemos que os programas de pós-graduação das ditas ciências duras, e não somente os de pós-graduação em ensino, têm de se preocupar com a formação dos pesquisadores que irão atuar como professores, agregando, também em seus percursos formativos, elementos pedagógicos.

No entanto, como o docente que ministra disciplinas das áreas de CBM nas Engenharias pode construir os conhecimentos didáticos necessários para atuar em consonância à Didática do Contexto, mencionada na terceira seção desse capítulo? A nosso ver, são necessárias investigações, por parte desse professor, com o objetivo de compreender o papel efetivo da disciplina que ministra naquela(s) modalidade(s) de Engenharia em que atua. É preciso que o docente compreenda como aquela disciplina está vinculada às demais, que compõem a matriz curricular do curso, quais de seus conceitos são mobilizados posteriormente em outras disciplinas e de que maneira tal mobilização se dá, que uso os engenheiros já em exercício fazem dos conceitos trabalhados naquela disciplina de CBM sob sua responsabilidade, etc.

É fundamental que ocorram, nas IES, discussões entre os professores das disciplinas de CBM e os da área específica, buscando compreender o que faz um engenheiro de determinada modalidade. O docente de CBM deve compreender que está frente a um futuro profissional que irá precisar daqueles conceitos como ferramentas. É preciso saber como serão aplicados os conhecimentos construídos, em quê e para quê, em sua área de atuação. O grande problema é que esse diálogo, entre os docentes das diferentes áreas que compõem as graduações em Engenharia, raramente ocorre. Ao longo da Sessão Dirigida que, como já mencionamos, originou esse capítulo, os pesquisadores presentes salientaram a importância da realização constante de reuniões pedagógicas com todo o corpo docente que atua em determinado curso de Engenharia para que, juntos, esses professores possam refletir a respeito das vinculações entre as diferentes disciplinas presentes na matriz curricular do curso.

Finalizando essa seção, ressaltamos que é fundamental que haja comprometimento dos docentes das engenharias, que devem sempre ter em mente o que efetivamente o aluno precisa para formar-se engenheiro.

Apresentamos, a seguir, algumas sugestões dos autores desse capítulo tendo em vista o ensino contextualizado das CBM nas engenharias, além de exemplos de intervenções já postas em prática por alguns deles em suas aulas.

5. ALGUMAS PROPOSTAS E INTERVENÇÕES

Nesta seção apresentamos exemplos de propostas ou intervenções já realizadas por alguns dos autores desse capítulo no sentido de contextualizar o ensino das CBM nos cursos de Engenharia.

5.1. Inovação Tecnológica integrada à Educação Empreendedora

Com o propósito de pôr em prática as teorias aprendidas em sala, foi criado o projeto de extensão universitária com o título “Inovação tecnológica voltada para a comunidade em torno da UFPR”, no setor de Palotina, que tem o objetivo de incentivar os alunos a inovarem, a projetarem e construir um protótipo visando a resolver um problema da sociedade.

Para tanto, 15 alunos de uma turma de Física III, do curso de Engenharia de Energias Renováveis, desenvolveram projetos no primeiro semestre de 2017. Cada grupo, formado por 2 a 4 alunos, procurou a aplicação dos conteúdos referente a tal disciplina, tendo a oportunidade de vivenciar como a teoria é utilizada na sua futura profissão.

O projeto, fundamentado na Metodologia de Projetos de Carl Rogers, passa por um critério de avaliação dividido em cinco partes: contrato de trabalho, apresentação oral, relatório, autoavaliação e avaliação dos pares.

O contrato de trabalho deve ser entregue contendo a proposta do grupo, a sua relação com os conteúdos da disciplina e com o problema real e orientações para resolver tal problema. Com esse intuito é possível identificar os objetivos, o cronograma e a metodologia utilizada pelos alunos.

São feitas duas apresentações orais. Uma para o pré-projeto, apresentando o contrato de trabalho, e a segunda, já com o projeto final, apresentando seus métodos, a relação dos conceitos físicos, utilização de cálculos e da física aprendidos durante a matéria e o funcionamento do protótipo. Ambas as apresentações são feitas para uma banca de professores da área que fornecem contribuições e observações consideradas importantes para o projeto. Isso é feito com a intenção de que professores e alunos qualifiquem os projetos. Tendo o mesmo sentido, a apresentação final se torna uma maneira viável para todos avaliarem os resultados e conclusões obtidas pelos grupos.

O relatório apresenta todo o conteúdo do trabalho com sua introdução, objetivos, justificativa, metodologia, desenvolvimento, conclusão, orçamento e cronograma. É fundamental, para a avaliação de como foi realizado o projeto, apresentação dos resultados e também uma fonte para maiores detalhes do projeto, podendo até servir de exemplo e inspiração para futuros projetos.

Os grupos avaliam o próprio projeto e dos demais grupos, aplicando os critérios fornecidos pela professora. Tal avaliação é importante para desenvolver habilidades como senso crítico, além de indicar melhorias nos projetos, fornecer ideias para projetos futuros, identificar problemas e possíveis soluções. Assim, mais ideias podem surgir e os trabalhos podem prosseguir.

Na disciplina de Física III são estudados os assuntos de eletrostática, eletrodinâmica, magnetismo e eletromagnetismo que podem ser aplicados em diversos projetos, dependendo apenas da criatividade e inovação dos alunos. Esses assuntos são fundamentais para o funcionamento de qualquer aparelho eletrônico utilizado no dia a dia. Surgiram diversos projetos envolvendo eletricidade e sua geração. Por exemplo, postos de carregadores de celular por uma fonte de placa solar, geradores eólicos de micro e pequeno porte, motores elétricos de dois solenóides, gerador de energia limpa para iluminação de bicicletas e protótipo de geração de energia elétrica pelo movimento dos carros nas estradas.

No caso do gerador eólico, o grupo apresentou em seu contrato e pré-projeto o objetivo de construir um aereo gerador vertical de médio porte e comparar os modelos das pás de Savonius e Darrieus para geração de energia em regiões urbanizadas com baixa incidência de ventos. Esse projeto tem um grande potencial para a sociedade, pois pode ser uma solução para a produção de energia na própria residência, resultando no barateamento da conta de luz.

O relatório final do projeto mencionado no parágrafo anterior apresentou os motivos que levaram a essa pesquisa, todos os passos dados pelo grupo para a construção do protótipo e a conclusão a que chegaram. Na apresentação oral foram mostrados os cálculos utilizados pela equipe, os testes, as dificuldades, um vídeo mostrando o protótipo gerando uma tensão de até 12 Volts apenas com a força dos ventos e ainda levaram o aereo gerador de quase três metros de altura para o setor da universidade para que todos pudessem analisar.

Esse projeto foi bem avaliado por todos e apresenta um potencial enorme de se tornar algo maior e até de se transformar em uma patente. O grupo ainda afir-

mou que deseja realizar os testes com a pá das hélices helicoidal, que, segundo pesquisas realizadas pela equipe, é o modelo que apresenta o maior rendimento para os aero motores em regiões de baixa velocidade dos ventos, como é o caso do que ocorre em Palotina.

Com essa motivação é esperado que os alunos não fiquem presos apenas a matérias teóricas e já adquiram a experiência para conseguir desenvolver solução(ões), com criatividade, para problemas encontrados.

5.2. Uma sequência didática para a aprendizagem significativa de funções exponencial e logarítmica

Nesta seção, relatamos uma experiência de construção, aplicação e análise do potencial de uma sequência didática, proposta como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), fundamentada nas contribuições de Ausubel (2012) e Moreira (2011) para a ocorrência da aprendizagem significativa, sobre conceitos relacionados às funções exponencial e logarítmica no cotidiano de estudantes de Engenharia.

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, segundo Moreira (2011), possuem princípios norteadores tais como: identificação de conhecimentos prévios, organizadores prévios, sempre que necessários, situações-problema, diferenciação progressiva, reconciliação integradora e consolidação. A avaliação é entendida como busca de evidências e o papel do professor é o de mediador, focado na construção de significados, visando à aprendizagem não mecânica, e, consequentemente, com maior potencial de êxito na ocorrência da aprendizagem significativa.

A sequência didática, aqui relatada, foi aplicada em uma turma de Pré-Cálculo de cursos de Engenharia da Universidade de Caxias do Sul. Em uma primeira etapa, os estudantes responderam um questionário diagnóstico com questões contextualizadas, cujas respostas auxiliaram no planejamento da segunda etapa, de estruturação e aplicação de uma UEPS, com atividades práticas, visando ao aprendizado das funções exponencial e logarítmica.

Três situações-problema, envolvendo as funções exponencial e logarítmica, em ordem crescente de dificuldade, compuseram a UEPS, sendo que cada uma dessas foi trabalhada em um encontro de três horas, a saber:

- (i) Encontro 1: Geofísica e Astronomia;
- (ii) Encontro 2: Carga e descarga de capacitores;
- (iii) Encontro 3: Potencial hidrogeniônico – pH.

Como exemplo, apresentamos, a seguir, uma síntese do encontro, em que foi realizado o experimento sobre carga e descarga de capacitores. Esse encontro ocorreu no laboratório de Física, com o objetivo de investigar o comportamento de carga e descarga de um capacitor, visando, em primeiro lugar, à determinação da constante RC do circuito, bem como a análise gráfica das curvas de carga e

descarga, utilizando o programa *DataStudio*, cuja finalidade é a aquisição, exibição e análise de dados. O software trabalha com sensores e interfaces PASCO (<https://www.pasco.com/>) para coletar e analisar dados e pode ser usado para criar e realizar experimentos de Ciências em geral, Biologia, Química e Física, para todos os graus escolares. Para cada circuito RC (Circuito Resistivo – Capacitivo) há um tempo característico, τ_{RC} , denominado constante de tempo capacitiva. Quando $t = \tau_{RC}$ a carga do capacitor atinge 63% do seu valor máximo. As equações que descrevem o comportamento da carga e da corrente elétrica neste circuito são as seguintes, respectivamente:

$$q(t) = \varepsilon C (1 - e^{-t/RC})$$
$$i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$

Ou seja, tratam-se de funções com termos exponenciais, em que a variável independente, nas duas equações, é o tempo t e as variáveis dependentes são a carga no capacitor q e a corrente elétrica i .

O material utilizado foi, além do programa *DataStudio*, um capacitor, uma lâmpada de 5 volts, uma bateria de 6 volts, um sensor do cabo tipo banana-banana com interface, dois cabos pretos do tipo banana-banana, dois cabos vermelhos do tipo banana-banana e duas garras jacarés. Um roteiro do experimento foi elaborado para que os estudantes realizassem atividades visando à determinação da constante RC do circuito, bem como análise gráfica das curvas de carga e descarga. As seguintes atividades foram propostas:

- (i) montar um circuito capacitor-bateria tomando o cuidado de ligar o terminal negativo da bateria ao polo negativo do capacitor e de conectar os cabos do sensor, em paralelo, com o capacitor;
- (ii) registrar o processo de carregamento do capacitor;
- (iii) montar um circuito RC no qual a lâmpada e o capacitor estão associados em série, com os cabos do sensor conectados em paralelo com o capacitor;
- (iv) registrar o processo de descarga do capacitor.

Com base nessas atividades e nos registros feitos, foram construídas as curvas dos processos de carga e de descarga do capacitor, em função da tensão elétrica que o programa *DataStudio* reproduziu, o que favoreceu o reconhecimento da função exponencial.

Após o experimento, foi realizada uma aula expositiva dialogada sobre funções exponenciais, para formalizar o conceito e suas várias propriedades. Foram explorados, dentre outros aspectos: interceptos das representações gráficas dessas funções com os eixos cartesianos, a influência, em termos de deslocamentos na representação gráfica da função, da inserção de termos em sua representação algébrica padrão, assíntota, domínio, conjunto imagem, crescimento ou decréscimo.

Visando à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa, ao final de cada encontro, eram propostos problemas sobre a função estudada, incluindo

questões contextualizadas da área de Engenharia.

Como ferramenta de avaliação, para evidenciar o conhecimento construído pelos estudantes, ao longo da aplicação da UEPS, foram utilizados mapas conceituais, cujas potencialidades como ferramenta de avaliação, de organização do conhecimento e de aprendizagem significativa no Ensino Superior e na Educação em Engenharia têm sido estudadas por diversos autores, tais como Souza e Boruchovitch (2010), Piá, Blasco-Tamarit e Muñoz-Portero (2011), Moreira (2013) e Fang (2016).

Em um mapa conceitual, os conceitos mais importantes estão sinalizados por setas e relacionam-se com conceitos secundários ou específicos. O estudante apresenta o seu mapa, no qual o mais importante é observar se há evidências de que se está aprendendo significativamente o conteúdo (Cf. Moreira, 2013).

As análises dos mapas conceituais foram realizadas segundo a taxonomia topológica para mapas conceituais proposta por Cañas *et al.* (2006). Comparando os mapas conceituais confeccionados pelos estudantes no Encontro 1 e no Encontro 3, foi possível observar que houve uma evolução nas ideias representadas nesses.

Nas avaliações diagnóstica e final também buscamos evidências de construção de conhecimentos pelos estudantes ao longo da aplicação da UEPS. Essas avaliações foram realizadas individualmente, a fim de obtermos uma análise sobre as concepções de cada estudante. O intervalo de aplicação dos instrumentos foi de dez semanas, durante as quais foram realizadas as atividades programadas para a UEPS. A avaliação final constou de todas as questões da avaliação diagnóstica, além de outras questões diferentes das que foram propostas nos encontros 1 e 2. A investigação da ocorrência de evolução conceitual foi feita mediante uma análise das respostas dos estudantes ao conjunto de questões abertas.

Como resultado da análise dos mapas conceituais e dos obtidos por meio das avaliações diagnóstica e final, foi possível confirmar a ocorrência da (re)construção de conhecimentos pelos estudantes, destacando-se a ampliação conceitual e suas relações por meio do contato com materiais diversos propiciados pelo professor para fazer do estudante sujeito da sua aprendizagem. Em síntese, observamos que o trabalho desenvolvido por meio da UEPS sobre funções exponencial e logarítmica foi capaz de auxiliar na reconstrução de conhecimentos, e que essa sequência didática é uma estratégia pedagógica que tem potencial para atender o estudante de forma integral, auxiliando-o a dar conta de suas necessidades de Matemática básica e de criar condições para uma aprendizagem significativa.

5.3. Representações de um fenômeno por meio de Equações Diferenciais Ordinárias e Resolução de Problemas

Nesta seção, apresentamos como alternativa didática uma sequência de atividades, que é entendida como um conjunto de atividades devidamente ordenadas e articuladas para a realização de um objetivo educacional, possuindo início e fim conhecidos pelos professores e alunos (ZABALA, 1998). A proposta de organiza-

ção da sequência se apoia em Laudares *et al.* (2017), sendo composta por três tipos de abordagem para um mesmo fenômeno, no caso, o resfriamento de um corpo, segundo a lei de Newton. O enunciado do problema é explicitado na Figura 1.

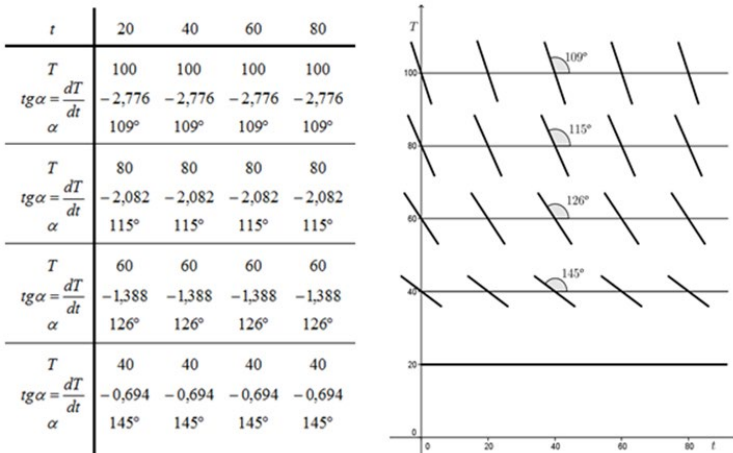
Figura 1 – Enunciado do problema

Dados
(I) A velocidade de resfriamento/aquecimento de um corpo num ambiente é proporcional à diferença entre a temperatura do corpo e do ambiente
(II) A temperatura do ar é constante e igual a 20 °C
(III) O corpo se resfria em 20 minutos de 100 °C a 60 °C
Questões
(IV) Determine a variação da temperatura em relação ao tempo
(V) Determine o tempo para a temperatura atingir o valor de 30 °C
(VI) Determine os modelos de equações do fenômeno $\left(\frac{dT}{dt} = f(T); \frac{dT}{dt} = f(t); T = f(t)\right)$
(VII) Esboce o gráfico dos modelos
(VIII) Descreva num pequeno texto o fenômeno, comparando os gráficos e as equações.

Fonte: elaborado pelos autores

Na primeira abordagem, propomos a construção do campo de direções e a interpretação gráfica do fenômeno. A atividade divide-se em três etapas: (i) esboçar o campo de direções (por meio de construção de tabelas); (ii) analisar as prováveis curvas que poderão representar o fenômeno; (iii) análise para a condição inicial dada (Figura 2).

Figura 2 – Construção da tabela e campo, para $\frac{dT}{dt} = 0 \Rightarrow T = 20$



Fonte: Elaborado pelos autores

Esta primeira abordagem tem como base teórica a diversidade de representações em diferentes registros semióticos, como postula Duval (2009), para exprimir as relações comuns entre os fenômenos e as situações.

Na segunda abordagem, propomos a resolução de problemas com introdução de modelagem, conforme Bassanezi (1988), e a interpretação de tais modelos por meio de equações e de gráficos. Novamente recorremos a uma multiplicidade de representações: verbal, numérica, visual e algébrica, em consonância ao que propõe Stewart (2013) para a abordagem do Cálculo Diferencial e Integral. A resolução de problemas tem um desenvolvimento, segundo Polya (1994), a partir das etapas: (i) entender o problema; (ii) fazer um plano; (iii) executar o plano; e (iv) fazer uma retrospectiva relacionando o resultado com as condições dadas, visando a uma compatibilização entre esses elementos.

A estratégia presente nessa abordagem é a determinação e análise de modelos a partir de passos, segundo Laudaes *et al.* (2017), que são: 1º matematização da lei física; 2º substituição das constantes dadas na equação do fenômeno; 3º identificação das condições iniciais ou de contorno; 4º resolução da equação diferencial do modelo; 5º cálculos solicitados nos problemas – explicitar o que se pede; 6º modelo das equações do fenômeno – interpretação analítica do fenômeno; 7º modelo dos gráficos do fenômeno – interpretação gráfica do fenômeno; 8º descrição sintética do fenômeno num pequeno texto.

Na terceira abordagem, são introduzidos elementos da informática educativa. Segundo Moran (2000), as tecnologias podem proporcionar mediações pedagógicas integradoras e contextualizadas, dando, segundo Lévy (1993), suporte ao estudante para que ele possa manipular parâmetros e simular o sistema modelado. Os cálculos e as construções gráficas são realizados com auxílio de softwares. Neste contexto o estudante pode desenvolver suas habilidades de análise e fazer simulações.

A resolução do problema nesta abordagem contempla três etapas: (i) o cálculo, por meio do software, da solução do problema de valor inicial; (ii) análise gráfica do modelo gerado, a partir do esboço da curva que é a representação gráfica da solução particular da equação diferencial para a condição; (iii) simulação e análise do comportamento do modelo, etapa na qual o estudante tem a possibilidade de variar os valores do parâmetro correspondente à temperatura ambiente e/ou das condições iniciais e de contorno.

A proposta apresentada nesta seção pode ser adaptada para outros fenômenos, tais como dimensionamento de circuitos, variação de população, mistura de substâncias, sistema massa-mola, vigas, entre outros; seja com equações diferenciais ordinárias de primeira ou de segunda ordem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao discutir a respeito do ensino e da aprendizagem de CBM em cursos de Engenharia, algumas questões sobre as quais consideramos necessário refletir são as seguintes:

I – Quais seriam os conteúdos programáticos essenciais a serem conjugados com inovações tecnológicas, sociais, culturais e que possibilitem o desenvolvi-

mento econômico e social, atendendo às necessidades da sociedade?

II – Como desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas articuladas com as CBM que estimulem a criatividade dos futuros engenheiros e respectivos docentes, reduzindo os índices de evasão?

III – Qual seria a forma mais adequada de se promover a transdisciplinaridade durante todo o curso de graduação em Engenharia?

IV – Estariam (ou não) os docentes que ministram CBM para as engenharias dispostos a reconhecer o problema das altas taxas de reprovação – e que são também responsáveis por estas – e rever suas práticas, abandonando o modelo mental embutido no discurso “reprovação em massa em CBM? Isso sempre ocorreu e a culpa é dos alunos que chegam à universidade sem base”?

Para responder a esses questionamentos, entendemos que são necessárias algumas ações efetivas. Em primeiro lugar, é essencial o envolvimento dos professores de CBM das engenharias com pesquisas na área da Educação, buscando a compreensão efetiva dos diferentes aspectos dos processos de ensino e de aprendizagem das CBM em cada um dos cursos de graduação nos quais essas disciplinas estão presentes.

Em relação a essas pesquisas, em nossa visão, é necessária a realização de um mapeamento das investigações efetuadas, a respeito do ensino e da aprendizagem de CBM nas Engenharias, visando a compreender quais os objetos de pesquisa trabalhados, conhecer experiências bem-sucedidas, repeti-las e verificar se são, de fato, bem-sucedidas, analisá-las, discuti-las e divulgá-las.

Especificamente a respeito do tema central desse capítulo, a contextualização das CBM nas engenharias, entendemos ser importante a criação de um banco de eventos contextualizados, construídos a partir das aplicações das CBM nas diferentes modalidades de Engenharia. Sabemos que essa não é uma tarefa simples, ainda mais levando em consideração que um mesmo docente pode lecionar disciplinas de CBM em diferentes cursos de Engenharia, por exemplo, de Produção, Civil, Elétrica, ou outra, e que, além das atividades em sala de aula, os professores precisam, em muitas instituições, se dedicar à pesquisa. Uma sugestão que, talvez, possa contribuir para que essa dificuldade seja minimizada é a constituição de grupos de apoio aos docentes que lecionam CBM nas Engenharias. Tais grupos podem ser constituídos por engenheiros, professores das disciplinas de CBM, docentes da área da Educação e por estudantes interessados em questões relativas ao ensino e à aprendizagem de CBM que, por meio, por exemplo, de pesquisas de Iniciação Científica, podem colaborar na explicitação de vinculações das CBM com as diferentes habilitações da Engenharia que, posteriormente, gerem eventos contextualizados.

Outro aspecto que, atualmente, também não pode ser desconsiderado é o necessário envolvimento dos docentes com estratégias diferenciadas de ensino e de aprendizagem. Nesse sentido, o grupo de apoio anteriormente mencionado

pode também contribuir no desenvolvimento de materiais de apoio para professores que querem trabalhar, por exemplo, com estratégias e métodos de aprendizagem ativa. No entanto, é fato que enquanto as IES não decidirem apostar efetivamente, por meio de projetos institucionais, nessas estratégias diferenciadas de ensino e de aprendizagem, haverá apenas iniciativas pessoais com alcances limitados para realmente contribuírem institucionalmente, e menos ainda em nível nacional, para a Educação em Engenharia.

Outra ação intervencionista deveria ser da alçada do coordenador de curso que em conjunto com um núcleo de apoio pedagógico e os docentes das CBM poderiam analisar os motivos dos índices de reprovação em cada semestre, apontando ações corretivas para o semestre vindouro.

Encerramos então esse capítulo ressaltando que qualquer indução a uma mudança de abordagens e de procedimentos pedagógicos na IES deve atentar-se, primeiramente, às políticas institucionais e não somente às atitudes individuais dos docentes.

7. BIBLIOGRAFIA

ALPERS, B. *et al.* A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. **Report of the Mathematics Working Groups**. Bruxelas: Sociedade Europeia de Ensino de Engenharia (SEFI), 2013.

ARAÚJO, F. J. *et al.* Dificuldades encontradas por iniciantes nos cursos de engenharia da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. **Anais... XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**, Curitiba, 2007. Disponível em: <http://abenge.org.br/cobenges-antecedentes/2007/artigos2007/artigos-publicados_7>.

ARMSTRONG, P. K.; CROFT, A. C. Identifying the learning needs in mathematics of entrants to undergraduate engineering programmes in an English University. **European Journal of Engineering Education**, 1999, 24(1), 59-71. doi:10.1080/03043799908923538.

AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. **Springer Science & Business Media**. 2012.

BARKER, W. *et al.* Undergraduate Programs and Courses in the Mathematical Sciences: CUPM Curriculum Guide 2004. **A report by the Committee on the Undergraduate Program in Mathematics of The Mathematical Association of America: MAA**, 2004. Disponível em: <http://www.maa.org/cupm/curr_guide.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

BARR, R. B.; TAGG, J. From teaching to learning – A new paradigm for undergraduate education. **Change. The magazine of higher learning**, 27(6), 12-26, 1995. doi:10.1080/00091383.1995.10544672.

BASSANEZI, R. C. **Equações diferenciais com aplicações**. São Paulo: Harbra, 1988.

BIANCHINI, B. L. *et al.* Competências matemáticas: perspectivas da SEFI e da MCC. **Educação Matemática Pesquisa**, v.19, n.1, p. 49-79, 2017. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i1p49-79>>.

BOOTH, I. A. S.; VILLAS-BOAS, V. Aprendizagem significativa sobre reações químicas em Engenharia usando uma sequência didática baseada em uma UEPS. **Anais... 5º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS)** (p. 321-332). Belém, 2014. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd/75b99d_37a230c8a-3b5413aa62a146694374771.pdf>.

CAMARENA, P. Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. **Revista Innovación Educativa**, vol. 2, n. 10 e n. 11, p. 22-28 e 4-12, 2002.

_____. **Aportaciones de Investigación al Aprendizaje y Enseñanza de la Matemática en Ingeniería**, 2010. Disponível em: <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/camarenagallardo/dra._patricia_camarena_gallardo.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

_____. Concepción de competencias de las ciencias básicas em el nivel universitario. In: DIPP, A.J.; MACÍAS, A. B. (Orgs.). **Competencias y Educación – miradas múltiples de una relación**. México: Instituto Universitario Anglo Español A.C e Red Durango de Investigadores Educativos A.C. p. 88-118, 2011.

_____. A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. **Innovación Educativa**, vol. 13, n. 62, 2013.

CAÑAS, A. J. *et al.* Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. **Proceedings... 2nd International Conference on Concept Mapping**. San José, Costa Rica. 2006. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-223.pdf>>.

CARDELLA, M. Which mathematics should we teach engineering students? An empirically grounded case for a broad notion of mathematical thinking. **Teaching Mathematics and its Applications**, Oxford University, v.27, n.3, p. 150-159, 2008.

CARR, M. *et al.* Mathematics diagnostic testing in engineering: an international comparison between Ireland and Portugal. **European Journal of Engineering Education**, 2014, 40(5), 546-556. doi: 10.1080/03043797.2014.967182.

CARVALHO, J. G. D. **Aula de física: do planejamento à avaliação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

DEMO, P. Educação Científica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, 1(1), 02-22. 2014. Disponível em: <<http://itp.ifsp.edu.br/ojs/index.php/IC/article/view/10/421>>.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano – registros semióticos e aprendizagens intelectuais**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

FANG, N. Using Concept Maps to Illustrate the Evolution of Key Concepts: Student Learning Experience in a Foundational Undergraduate Engineering Course. **Proceedings... Annual Conference and Exposition**, New Orleans, Louisiana. 2016. doi: 10.18260/p.27140.

FIRME, R. N.; RIBEIRO, E. M.; BARBOSA, R. M. N. Análise de uma sequência didática sobre pilhas e baterias: uma abordagem CTS em sala de aula de química. **Anais... XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0756-2.pdf>>.

GANTER, S. L.; BARKER, W. The CRAFTY CUPM Curriculum Foundation Project.

Voices of the Partner Disciplines. **The Mathematical Association of America**: MAA, 2004. Disponível em: <http://www.maa.org/cupm/crafty/cf_project.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

GOMES, E. *et al.* Competências a serem desenvolvidas pelos professores de Matemática dos cursos de Engenharia: primeiras reflexões. **Anais...** VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática. Madrid, 2017.

LÉVY, P. **As tecnologias da Inteligência** - o futuro do pensamento na era da informática. São Paulo: Editora 34, 1993.

LIMA, G. L., BIANCHINI, B. L., GOMES, E. Dipping: uma metodologia para o planejamento ou redirecionamento de programas de ensino de Matemática em cursos de Engenharia. **Anais...** XLIV - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Natal, 2016.

LOPES, A. C. **Currículo e epistemologia**. Ijuí, RS: Editora Unijuí. 2007.

LAUDARES, J. B. *et al.* **Equações diferenciais ordinárias e transformadas de Laplace**: análise gráfica de fenômenos com resolução de problemas. Belo Horizonte: Artesã, 2017.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, J. M.; MASSETO, M. T.; BEHRENS, M. A. (Orgs.) **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000. p. 11-65.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de apoio ao professor de Física**, 24(6), 1-49. 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf>.

_____. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, 1(2), 43-63. 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>.

NICOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. In: **Educação e transdisciplinaridade**. Brasília, UNESCO, 2000.

NITE, S. B. *et al.* A bridge to engineering: a personalized precalculus (bridge) program. **Proceedings...** Frontiers in Education Conference (FIE) (p. 2053-2058). El Paso, TX: IEEE. 2015. Disponível em: http://fie2015.org/sites/fie2015.fie-conference.org/files/FIE-2015_Proceedings_v11.pdf.

PARISOTO, M. **Ensino de Termodinâmica a partir de situações da Engenharia: integrando as metodologias de projetos e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. 288 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

PIÁ, A. B.; BLASCO-TAMARIT, E.; MUÑOZ-PORTERO, M. J. Different applications of concept maps in Higher Education. **Journal of industrial engineering and management**, 4(1), 81-102. 2011. doi: 10.3926/jiem.2011.v4n1.p81-102.

PINTO, D. P.; PORTELA, J. C. S.; OLIVEIRA, V. F. Diretrizes curriculares e mudança de foco no curso de Engenharia. **Anais...** XXXI - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Rio de Janeiro, 2003.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Interciências, 1994.

POZO, J. I. Aprender en la Sociedad del Conocimiento. In: ENGERS, M. E. A., MO-

ROSINI, M.C. (Orgs). **Pedagogia Universitária e Aprendizagem**, Porto Alegre: EdPUCRS, 2007.

SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, 26(03), 195-218. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edur/v26n3/v26n3a10.pdf>>.

STEWART, J. **Cálculo**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

UHMANN, R. I. M.; ZANON, L. B. O paradigma da avaliação escolar em discussão na docência em ciências/química. **Anais...** 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, Ijuí – RS. 2013. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2750/2326>>.

VILLAS-BOAS, V. *et al.* Aprendizagem ativa na educação em Engenharia. In: SCHWERTL, S. L. *et al.* (Orgs.). **Desafios da educação em Engenharia**: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições. Blumenau: EdFURB, 2012, v. 1, p. 59-112.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998.

Capítulo II

CURRÍCULO BASEADO EM PROJETOS

Niltom Vieira Junior

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Arcos (IFMG)

Otávio de Avelar Esteves

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Campus Coração Eucarístico (PUC Minas)

Lucio Garcia Verardo Junior

Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL)

Aline Pimentel Gomes

Deise Boito

Eduardo Brum

Luizmar da Silva Lopes Júnior

Simone Fiori

Vera Maria C. Fernandes

Zacarias M. Chamberlain Pravia

Universidade de Passo Fundo (UPF)

Priscila Ferreira Barbosa de Sousa

Elaine Gomes Assis

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Edson Pedro Ferlin

Centro Universitário Internacional (UNINTER)

SUMÁRIO

1. Introdução	38
2. Trabalhos acadêmicos integradores	38
2.1 Do suporte legal e organização didática	39
2.2 Da interação entre os atores e avaliação	40
2.3 Exemplo de tai.....	40
2.4 Sobre a aceitação do tai.....	42
3. Projetos interdisciplinares e a iniciativa cdio	45
3.1 Da pesquisa-ação.....	45
3.2 A iniciativa cdio na prática.....	46
3.3 Harmonização das matrizes	47
4. Aprendizagem baseada em problemas	48
4.1 Uma disciplina exclusiva de pbl.....	50
5. Propostas curriculares blended	52
5.1 A educação orientada a projeto	52
6. A pbl de baixo impacto como modelo parcial	55
6.1 A implantação de um modelo pbl parcial	56
7. Considerações finais	57
8. Bibliografia	57

Capítulo II

CURRÍCULO BASEADO EM PROJETOS

1. INTRODUÇÃO

Um “currículo baseado em projetos” é uma iniciativa que contextualiza e integra, senão na totalidade, quase toda a matriz curricular de cursos e projetos pedagógicos, num viés prático-teórico do “fazer engenharia”, ao longo de todo um percurso formativo e não apenas em uma (ou algumas) disciplina(s). Seu principal objetivo não é restringir a conceituação científica, ao contrário, é expandi-la e oportunizar aos estudantes, desde o início da graduação, situações em que os saberes teóricos se tornem ainda mais evidentes, motivando a descoberta pela experimentação. Experiências bem-sucedidas, nesta amplitude e neste sentido, já são notadas no cenário nacional, como nos cursos de Engenharia Mecânica do IFMG – Arcos e Engenharia de Energia da PUC Minas, instituições de origem do coordenador e relator desta proposta. Esses cursos utilizam o conceito definido por “Trabalhos Acadêmicos Integradores” em que, ao longo de toda a matriz curricular, os estudantes devem apresentar soluções em Engenharia utilizando os conceitos estudados em todas as disciplinas de cada período letivo.

Mais do que simplesmente aplicar conteúdos, esta metodologia objetiva a **integração** entre as disciplinas, e numa abordagem altamente conceituada, teórica e científica, os estudantes devem mostrar, de modo justificado, num ambiente não mais “modularizado e compartimentado”, a verdadeira compreensão dos fenômenos por meio de projetos.

Todavia, essa mudança metodológica traz grandes impactos ao dia a dia universitário e, eventualmente, resistência daqueles já adaptados aos métodos convencionais. Destaca-se que, para seu efetivo sucesso, todos os atores do processo de ensino-aprendizagem precisam se unir em prol desse objetivo, e mudanças atitudinais são necessárias para todos os envolvidos.

Por esta razão, esta sessão dirigida, além de socializar os resultados obtidos em instituições em que tal metodologia já está definida desde seus projetos pedagógicos, objetivou, também, compartilhar outras experiências (da menor à maior escala) que propõem, igualmente, a ruptura de paradigmas, a melhoria dos processos de ensino e a efetiva inovação nos cursos de Engenharia.

2. TRABALHOS ACADÊMICOS INTEGRADORES

De modo a colaborar com a modernização dos cursos e mudar os paradigmas comumente observados no ensino de Engenharia, a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas propôs um modelo transdisciplinar para o curso de Engenharia de Energia, que é apresentado em Esteves e Paula (2006). Tal curso obteve em 2014 o Conceito de Curso (CC) máximo (nota 5) na avaliação do MEC e foi reconhecido pela contribuição inovadora ao ensino de Engenharia

no país (Cf. BONATTO, 2012). Juntamente com a legislação existente, esse curso serviu de referência para o projeto pedagógico do curso de Engenharia Mecânica oferecido pelo IFMG – Arcos e hoje, ambos os cursos apresentam características similares, respeitando as especificidades de cada instituição.

2.1 Do suporte legal e organização didática

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Engenharia revelam, no seu Art. 5, a importância de que “ênfase deve ser dada à necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes” (BRASIL, 2002, p.). Essas diretrizes também afirmam que “deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos” a partir de atividades complementares como, por exemplo, “projetos multidisciplinares, trabalhos em equipe e desenvolvimento de protótipos” (BRASIL, 2002, p. 2).

No que diz respeito à integração do conhecimento, esses cursos trazem uma metodologia de ensino sistêmica “baseada em projetos”, fazendo com que, a cada semestre, os estudantes envolvam-se em uma atividade, definida como TAI (Trabalho Acadêmico Integrador), com caráter multidisciplinar, de modo a demonstrar na prática o domínio, a integração e a contextualização dos saberes acadêmicos.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, especificamente no que tange ao Ensino Superior, ressalta a importância de “estimular o conhecimento de problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade” (BRASIL, 1996, p.). Ainda na LDB, quanto aos princípios da educação nacional, consta a “valorização da experiência extraescolar” e a “vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais” (BRASIL, 1996, p. 2).

Deste modo, é sugerido ao corpo docente que preconcize no dia a dia da sala de aula exemplos, exercícios e desafios que incitem a aplicação da ciência em estudos de caso, contextualizações práticas ou aprendizagem baseada em problemas (RIBEIRO, 2005). Ressalta-se que esta é uma demanda induzida pelo próprio currículo baseado em projetos, uma vez que durante a execução dos TAIs os próprios alunos se tornam hábeis em trazer para o debate de cada disciplina situações práticas nas quais a teoria é necessária.

Cada TAI deve, obrigatoriamente, prever o envolvimento de todas as disciplinas do seu respectivo período letivo. Daí a visão sistêmica, holística, integradora e contextualizada dos saberes teóricos e práticos. A respeito da iniciativa dos estudantes, devem ser procurados todos os docentes do período em curso, para orientação quanto à aplicação dos seus conteúdos no projeto em execução. Aos professores do TAI, propriamente, compete o acompanhamento geral dos trabalhos e a organização das apresentações finais. Além disso, ao longo do ciclo formativo, tais projetos apresentam características diferenciadas: quanto aos cronogramas (projetos com duração total de um, dois e quatro períodos) e quan-

to ao formato (projetos em grupo, projetos individuais¹, proposição de conceitos ou protótipos, projetos de campo etc.). Ou seja, tal metodologia permite ainda o exercício de habilidades diversas como: trabalho em equipe, liderança, gerenciamento do tempo, estabelecimento de prazos, metas, objetivos e cronogramas.

2.2 Da interação entre os atores e avaliação

Por conta da concepção multidisciplinar e holística desses cursos vê-se também maior interação entre todos os atores envolvidos:

- Aluno/aluno: o trabalho em equipe, divisão de tarefas, responsabilidade e socialização são elementos constantemente exercitados para a proposição e desenvolvimento de projetos;
- Professor/professor: o corpo docente, implícita e explicitamente, trabalha em conjunto, vez que para contribuição individual no projeto integrador é necessário, em alguma medida, conhecer o conteúdo e o andamento das demais disciplinas;
- Professor/aluno: face aos desafios envolvidos no desenvolvimento de cada projeto, os alunos têm contínuas oportunidades fora do espaço da sala de aula de se envolverem com os professores para discutir suas propostas e projetos, conforme os temas de interesse e especialidade dos docentes do curso.

Os Trabalhos Acadêmicos Integradores (TAIs) representam de 30% a 50% da nota semestral em cada uma das disciplinas previstas no mesmo período do respectivo TAI, sendo este percentual definido por cada professor (o próprio TAI é também uma disciplina regular do curso, sendo atribuída, portanto, carga horária docente para este acompanhamento)². Uma das avaliações referentes às próprias disciplinas TAIs prevê apresentação de seminário, ao final do semestre, considerando resultados parciais ou finais dos projetos desenvolvidos, perante banca composta pelo professor do TAI e, a seu convite, outros professores do curso (às vezes todos os professores do período).

2.3 Exemplo de TAI

Considerando que a maturidade (tanto conceitual quanto da visão de projetos) é promovida com o avançar dos períodos letivos, nos primeiros períodos é natural que o processo de concepção de um projeto seja, às vezes, invertido: os estudantes calouros, comumente, tentam construir um protótipo e, a posteriori, identificar em que medida cada disciplina (e sua integração) pode ser usada para

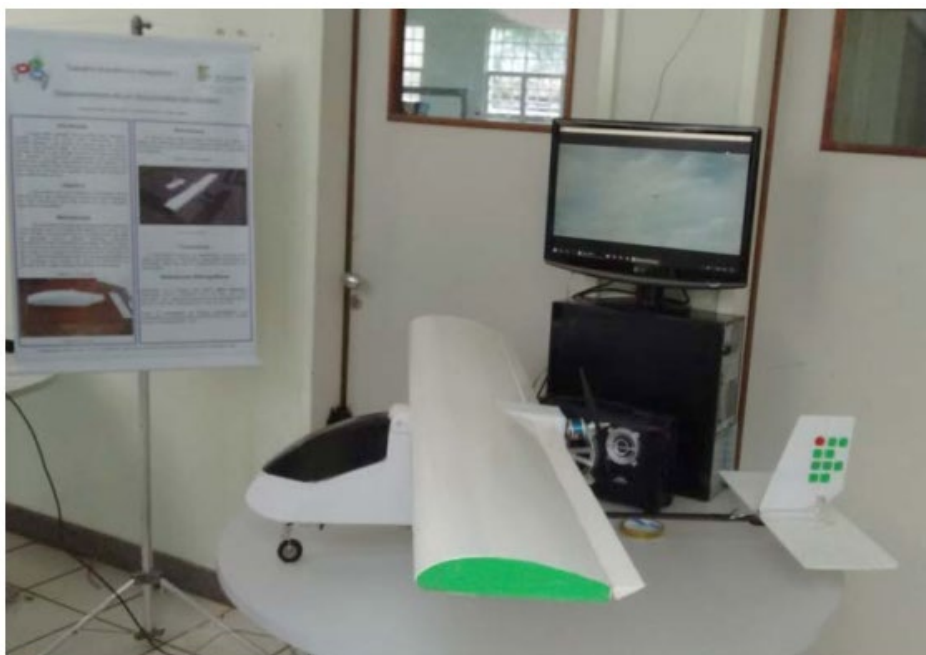
1 Apenas para o TAI do último ano, pois, configura-se como o próprio Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

2 Este percentual variável é utilizado no IFMG, enquanto na PUC Minas ele é fixo em 40%.

explicar os fenômenos envolvidos no trabalho. Entretanto, com as orientações parciais ao longo de cada período, sem, contudo, oportunizar também a aprendizagem a partir do erro, esta lógica é coerente e rapidamente alterada, de modo que os estudantes projetem, dimensionem, modelem e justifiquem cada componente dos projetos para sua posterior construção.

A título de exemplo, apresenta-se, na Figura 1, um projeto proposto por um grupo de 1º período no IFMG.

Figura 1 – Desenvolvimento de um Veículo Aéreo Não Tripulado.



Fonte: acervo dos autores.

Neste caso, exemplificadamente, observam-se no Quadro 1 alguns usos das disciplinas relacionadas.

Quadro 1 – Exemplo de utilização de conceitos estudados.

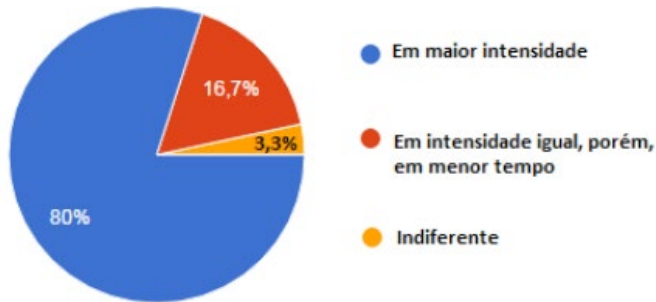
DISCIPLINA	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO
Geometria Analítica	Foram utilizadas relações geométricas para definições de distância e produtos escalares/vetoriais para a análise de planos e volumes da aeronave.
Cálculo I	Foram usados conceitos de limites para o cálculo de área de algumas superfícies.
Física I	Foram usados conceitos de movimento retilíneo para o cálculo de velocidade e aceleração, além de forças atuantes para sustentação do voo.
Ciência, Tecnologia e Sociedade	Considerando a região industrial onde se encontra o <i>campus</i> e os níveis de poluição do ar, construiu-se um plano de trabalho para o uso do veículo aéreo acoplado a um medidor de poluição, para verificar condições ambientais em áreas de difícil acesso.
Desenho Técnico Computacional	Foram usados conceitos de desenho para produção computacional de vistas em 1° e 3° diedro, visão frontal, lateral, superior, isométrica, angulações, superfícies, arestas ocultas, entre outras.
TAI I	Alguns temas complementares estudados em TAI I, como metodologia de pesquisa e redação científica, foram usados para definição metodológica do trabalho e para a produção do relatório técnico científico.

Fonte: produzido pelos autores.

2.4 Sobre a aceitação do TAI

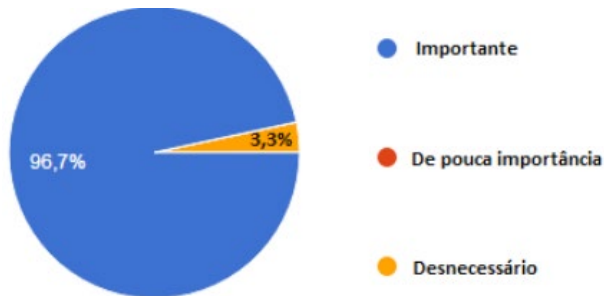
De modo a verificar a aceitação da metodologia por parte dos estudantes, após o término do segundo período letivo de 2016, conduziu-se no IFMG uma pesquisa qualitativa de participação voluntária (obtendo aproximadamente 70% de adesão). Os graduandos foram convidados a responder um questionário *on-line*, com três questões de múltipla escolha e uma questão aberta, cujos resultados são apresentados a seguir (Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2 – O TAI faz com que minha compreensão nas disciplinas ocorra?



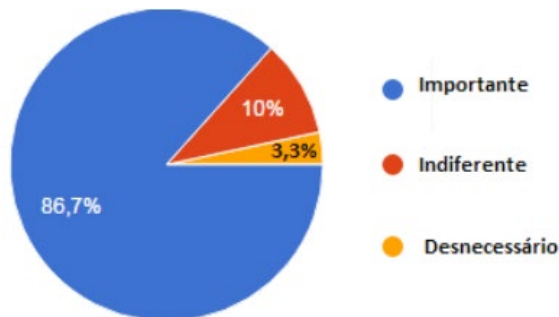
Fonte: produzido pelos autores.

Figura 3 – Em relação à maturidade para desenvolver projetos, lidar com dificuldades inesperadas, trabalhar em equipe e propor inovações, considero o TAI...



Fonte: produzido pelos autores.

Figura 4 – Num contexto geral, se você já estivesse graduado, julgaria que a manutenção dos TAIs para as próximas turmas seria...



Fonte: produzido pelos autores.

Alguns manifestos diante da questão aberta, em que os estudantes poderiam se manifestar livremente com críticas e sugestões, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Comentários dos estudantes diante dos TAls.

COMENTÁRIOS DOS ESTUDANTES	POSIÇÃO DA INSTITUIÇÃO
“Uma forma de ensino diferenciada, pois ajuda a unir pessoas, trabalhar em equipe e entender melhor aplicações de matérias”.	A interação entre os atores, como apontado anteriormente, é um ponto forte da metodologia.
“O TAI é um conteúdo importante para o aprendizado, com ele aprendemos diversas coisas as quais não conhecemos”.	Observaram-se oportunidades do desenvolvimento de habilidades não antes praticadas como, por exemplo, o manejo de ferramentas básicas.
“Minha experiência com o TAI foi bem gratificante, aprendi a tomar decisões em conjunto, ouvindo e respeitando as ideias dos outros integrantes do grupo, com isso acredito que futuramente será de grande ajuda para nós”.	Desenvolver o espírito de liderança (a cada período um líder para o grupo é indicado) e o trabalho em equipe são algumas das vantagens observadas no método.
“O TAI foi importante ao introduzir uma realidade acadêmica que nos faz buscar fundamentos que muitas vezes passam despercebidos em sala e introduz o trabalho em equipe que importa para a vida profissional, contudo vejo que se faz necessário um acompanhamento mais próximo por parte dos professores envolvidos”.	O NDE (Núcleo Docente Estruturante) encaminhou essa solicitação ao colegiado do curso. Entretanto, é compreensível que os próprios professores e a instituição, como um todo, passem por um período de amadurecimento, já que o IFMG está nas primeiras turmas com esta metodologia.

Fonte: os próprios autores.

Observou-se, com o uso desta metodologia, a garantia aos estudantes do contato com novas ferramentas de ensino, criatividade, senso crítico, desenvolvimento de sua maturidade enquanto pesquisador e tempo extra sala para se envolverem em projetos colaborativos e individuais, exercitando o “aprender a aprender”, a autonomia e uma maior interação, desde os períodos iniciais do curso, com a Engenharia propriamente.

Além disso, ficou evidente que a dinâmica da instituição muda. Mesmo para cursos integrais, nos quais as aulas são dispersas ao longo do dia, os estudantes “vivenciam” a universidade mais intensamente, pois, quando não estão em aula,

estão nos laboratórios, salas de estudo ou gabinetes dos professores, buscando informações ou trabalhando na construção dos seus projetos.

3. PROJETOS INTERDISCIPLINARES E A INICIATIVA CDIO

Em 2011, a vivência profissional do núcleo docente criador dos cursos de Engenharia do UNISAL (Centro Universitário Salesiano de São Paulo) na unidade de Lorena estabeleceu como parte do processo de aprendizagem dos seus estudantes a realização de projetos interdisciplinares em todos os semestres, integrando o desenvolvimento das competências do engenheiro, incluindo os conhecimentos, habilidades e atitudes pertinentes a cada atividade executada. Esta prática foi o diferencial dos cursos de Engenharia da instituição, fomentando outras ações pertinentes ao projeto no desenvolvimento prático dos alunos.

Diante destas ações, a instituição apresentou em 2016 ao comitê regional da INICIATIVA CDIO (*Concieve – Conceber; Design – Projetar; Implement – Implementar; Operate – Operar*) as evidências educacionais e de infraestrutura, obtendo o reconhecimento como a primeira instituição brasileira a participar desta organização mundial, destacando informações sobre os 12 padrões (*Standards*) estabelecidos (Cf. VERALDO JR; DUARTE JR; BOTURA, 2016).

No corrente ano, a reitoria da instituição estabeleceu um processo de harmonização das matrizes curriculares em todas as especialidades oferecidas em suas três unidades (Americana, Campinas e Lorena). Diante desta oportunidade, a manutenção dos projetos em Engenharia foi aprovada e transformada em disciplinas obrigatórias as quais serão cursadas do 3º ao 8º semestre. Essas novas matrizes serão validas para os egressos a partir de 2018.

A partir do contexto apresentado, esta seção tem como objetivo relatar o processo de participação da instituição na INICIATIVA bem como sua difusão no país, incluindo a harmonização das matrizes curriculares na qual os projetos foram definidos como disciplinas curriculares.

3.1 Da pesquisa-ação

Esta experiência tem como método de pesquisa a pesquisa-ação, afinal há influência direta do autor na responsabilidade do ingresso na INICIATIVA CDIO, participando não só no levantamento das evidências como também na apresentação aos responsáveis da América Latina. Além disso, cabe ao autor a responsabilidade da coordenação do processo de harmonização das matrizes curriculares dos cursos de Engenharia do UNISAL.

Segundo Novaes e Gil (2009), pesquisa-ação é entendida como uma “pesquisa com base empírica, realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, no qual os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (NOVAES; GIL, 2009, p. 143).

Trata-se de uma metodologia de pesquisa na qual há interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada com o objetivo de resolver ou esclarecer o problema em questão e cujo processo favorece o aumento do conhecimento de todas as pessoas envolvidas no processo (MIRANDA; RESENDE, 2006)

3.2 A iniciativa CDIO na prática

Crawley e Brodeur (2010) apresentam as competências as quais serão exigidas dos futuros engenheiros após o término da faculdade. Por um lado, há a necessidade de transmitir o crescente conhecimento técnico que estudantes de graduação devem dominar. Por outro lado, há um crescente reconhecimento de que os engenheiros devem possuir um vasto leque de competências pessoais e interpessoais; bem como a construção do conhecimento do sistema e as habilidades necessárias para atuar em equipes de engenharia para a produção de produtos e sistemas do mundo real.

Ainda segundo os autores, os 12 padrões (*Standards*) são como as características essenciais para que um curso de engenharia forme profissionais com as qualidades almejadas pelo mercado de trabalho atual. Como tal, eles constituem um quadro das melhores práticas para a reforma educacional, tendo em vista a expansão técnica, científica e interpessoal. Os doze padrões foram desenvolvidos em resposta às solicitações de parceiros industriais, líderes do programa e ex-alunos.

Segundo Lourenço Jr e Veraldo Jr (2015), o atual modelo de formação de engenheiros oferece ao aluno uma representação “bidimensional”, narrativa de uma realidade que é tridimensional e complexa. Desvinculada dessa realidade, a teoria acaba perdendo o papel de importante ferramenta para sua compreensão. A consequência é que os novos cursos, desde a concepção, foram definidos a partir de outros paradigmas.

O pioneirismo brasileiro do ingresso da instituição em 2016 fomentou diversas ações externas e internas quanto à prática de projetos nos cursos de Engenharia.

A participação na INICIATIVA CDIO remete à difusão dos conceitos e propósitos estabelecidos pela organização. Este evento realizado na cidade de Lorena contou com a participação de 22 instituições de diversas regiões do país, tendo como principal foco a disseminação dos conceitos da INICIATIVA, possibilitando aos participantes o entendimento dos padrões definidos e, principalmente, a forma de ingressar na organização por meio das documentações necessárias e, claro, das adequações dos cursos e infraestrutura da instituição pretendente.

A Figura 1 apresenta os participantes no encontro realizado em 2016 no UNISAL.

Figura 5 – Instituições Participantes.



Fonte: acervo dos autores.

3.3 Harmonização das Matrizes

Conforme o que foi definido pela reitoria do UNISAL, esse processo tem como principal propósito o alinhamento das matrizes dos cursos equivalentes que, no caso dos cursos das Engenharias nas suas unidades, interagem entre suas especialidades; além disso, o processo busca a unificação de disciplinas e ementas, resultando na harmonização dos projetos pedagógicos.

Assim, diversas disciplinas e seus conteúdos foram estabelecidas como comuns em todos as especialidades oferecidas, principalmente no núcleo básico, atingindo mais de 40% da carga horária total. Entre elas estão os Projetos em Engenharia que irão compor a grade do 3° ao 8° semestres de todos os cursos.

Esta definição permeia dois pontos importantes. Não há projetos nos 1° e 2° semestres por entender-se que há uma falta de maturidade dos alunos ingressos na instituição. Além disso, não há projetos nos 9° e 10° semestres para que os alunos possam ter maior dedicação ao Estágio Supervisionado e ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Os projetos são desenvolvidos de forma interdisciplinar entre as disciplinas do referido semestre e terão a carga horária de 40 horas, sendo conduzidos por um professor responsável atribuído à disciplina do projeto.

Esse tipo de aprendizagem, na Engenharia de Produção da UNISAL, consiste na realização de projetos a partir de uma metodologia que enfatiza o trabalho em equipe, a articulação entre conhecimentos teóricos e práticos. Dessa maneira, proporciona-se ao aluno que ele busque soluções/produtos reais para os problemas relacionados ao contexto profissional.

De modo a exemplificar os projetos interdisciplinares já realizados no curso de Engenharia de Produção, seguem os temas:

- 1° Sem – Máquina de Rude Goldberg;
- 2° Sem – Construção de Pilha Caseira;
- 3° Sem – Construção de Gerador Eólico;
- 4° Sem – Bobina de Tesla;
- 5° Sem – Construção da Catapulta;
- 6° Sem – Sistema de Controle de nível de água;
- 7° Sem – FMEA aplicado em Gestão da Manutenção;
- 8° Sem – Proposta comercial e operacional de serviços Co-Packer.

A cada início de semestre, a disciplina integradora do projeto (quando estes não eram obrigatórios, porém compunham a nota final de todas as disciplinas do referido semestre em 15%) apresentava o edital, contendo as informações necessárias para a realização, os conteúdos abordados de cada disciplina e o processo de avaliação contínuo.

É, ainda, importante salientar que apenas a realização dos projetos não contempla a formação completa das competências esperadas do engenheiro proposto pelo CONFEA e organizações de classe. Os conceitos de gerenciamento são necessários para fortalecer o entendimento dos conteúdos estabelecidos.

Conforme preconizado pela INICIATIVA CDIO diante dos 12 padrões estabelecidos, outros pontos são importantes que compõem esta formação por completo, como a formação docente, a infraestrutura do ambiente de ensino, o processo de avaliação, entre outros.

Assim, a continuidade dos estudos diante do tema é muito pertinente atendendo ao anseio do mercado de trabalho cada vez mais exigente e, principalmente, da satisfação do aluno mediante o aprendizado por completo.

4. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

O PBL (*Problem-Based Learning*) ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia de ensino e aprendizagem que utiliza problemas – coerentes para com a futura atuação dos estudantes como profissionais e cidadãos – para iniciar, focar e motivar a aprendizagem dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Essa é uma característica importante tendo em conta que pesquisas sobre perfis profissionais indicam claramente a necessidade de os cursos de Engenharia promover habilidades (trabalho em grupo, comunicação oral e escrita e resolução de problemas) e atitudes (ética, responsabilidade profissional e social, adaptabilidade e disposição para a aprendizagem contínua e autônoma), além de garantirem uma base conceitual sólida aos estudantes.

O PBL foi implantado inicialmente na faculdade de Medicina da Universidade canadense McMaster, na década de 1960. Uma característica marcante de processos que envolvem PBL é que neles os estudantes tornam-se responsáveis por definir os objetivos educacionais, os meios que vão utilizar, o que vão aprender e com o que vão trabalhar (Cf. BARRET, 2010).

Os conceitos fundamentais para PBL, difundidos por *Center for Teaching and Learning da Stanford University* (STANFORD, 2001) são: a) apresentação inicial de problemas do tipo “precariamente estruturados” ao invés de totalmente pré-especificados; b) ensino centrado no estudante ao invés de centrado no professor; c) trabalhos em grupos ao invés de individualizados; d) professores como facilitadores ao invés de disseminadores de conhecimentos.

Alguns fundamentos práticos do PBL, destacados em Melo (2013) são: a) os problemas expostos aos estudantes devem ser, de preferência, “precariamente estruturados” (*ill-structured problems*), que são os que permitem que se desenvolva várias soluções potenciais, autênticos (reais), ou seja, devem ser os problemas enfrentados pelos profissionais; b) os estudantes devem ser envolvidos em práticas e problemas autênticos, sendo obrigados a desenvolverem ações autênticas para solucioná-los; c) os estudantes devem trabalhar em pequenos grupos (em torno de cinco membros; nunca além de oito); d) os grupos devem ser liderados/ orientados por um tutor/facilitador dos trabalhos, que deve fornecer ao grupo estratégias de aprendizagem e nunca ser um fornecedor de soluções prontas; e) os grupos devem ser interdisciplinares, contando, se possível, com colaboradores de outras áreas de conhecimentos inter-relacionadas.

O PBL vem de encontro aos objetivos fundamentais do processo ensino-aprendizagem, pois coloca o estudante como ator principal de sua aprendizagem. Ainda deve-se destacar que uma característica básica desse elemento é a questão da multidisciplinaridade, além de explorar os vários níveis do processo cognitivo, principalmente os do nível metacognitivo, descrito na Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Bloom (BLOOM, 1956) e revisada por Anderson (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001).

A multidisciplinaridade está fundada em um saber-fazer, em que se pressupõe uma abordagem prática consolidada por uma forte conceituação teórica, que é um dos quatro pilares da educação (FERLIN *et al.*, 2005). O assunto multidisciplinaridade é explorado em diversas referências, entre as quais pode-se citar Ferlin *et al.* (2004), e Pilla e Ferlin (2010).

Na literatura existem três modelos de implantação do método de aprendizagem por problemas na Engenharia: modelo híbrido em que os problemas formam o núcleo do currículo e existem disciplinas estruturadas para dar suporte a este; modelo parcial no qual o PBL é implantado em disciplinas isoladas em meio a matriz curricular; e ainda podemos citar método *post-holing*, no qual problemas são utilizados no contexto da disciplina, visando a aprofundar e a fixar conceitos dentro do exposto (ARAÚJO *et al.*, 2016).

Na experiência a seguir apresenta-se a utilização do PBL no curso de Engenharia da Computação da Uninter, que ocorre por meio da solução de um problema por meio do desenvolvimento de um estudo e/ou projeto multidisciplinar, envolvendo as diversas disciplinas do período.

4.1 Uma disciplina exclusiva de PBL

O Curso de Engenharia da Computação da Uninter, em Curitiba - PR, está organizado em cinco anos no regime semestral, totalizando 10 períodos. Cada período contém um conjunto de disciplinas, em que cada disciplina tem uma carga horária diferenciada, e que totaliza 4720 horas, com o Estágio Supervisionado e as Atividades Complementares.

Nesse aspecto a disciplina de PBL tem um papel central no processo enquanto as demais disciplinas do período dão suporte para o desenvolvimento do projeto multidisciplinar.

A disciplina de PBL é uma unidade curricular integradora, desenvolvida ao longo do semestre, congregando as demais disciplinas do período, com o objetivo de proporcionar ao estudante a construção de conhecimento científico sobre determinada área, por meio do planejamento, organização e execução de proposta acerca de uma situação-problema previamente formulada/escolhida no contexto profissional.

O plano de ensino, cronograma e calendário são propostos pelo professor da disciplina de PBL em conjunto com os professores do período em reunião pedagógica no início de cada semestre e aprovado pela coordenação do curso.

Sob orientação, porém não presencial, mas sob coordenação dos próprios grupos de estudos, o professor da disciplina deve orientar a execução e o desenvolvimento da solução para o problema apresentado. Os estudantes deverão se apropriar dos estudos e construção do projeto nos espaços físicos da instituição. A disciplina de PBL é a responsável por fomentar a multidisciplinaridade entre as demais disciplinas do período. O professor dessa disciplina tem como missão, sob orientação da coordenação do curso, interagir com os professores das demais disciplinas para que haja efetivamente a multidisciplinaridade.

O professor da disciplina, em um primeiro momento, com os estudantes, deve explicar sobre a proposta da disciplina, como será seu desenvolvimento, seu calendário, metodologia, calendário acadêmico, plano de ensino e pactuar com os estudantes as regras de vivência, orientação e trabalho.

Em um segundo momento, o professor da disciplina deve, por meio de uma dinâmica e ou atividade específica, montar grupos de estudos que trabalharão com mínimo de dois e máximo de quatro componentes, entregar ficha de inscrição (formulário próprio) e os grupos formalmente serão integrados, bem como as regras de orientação.

Em um terceiro momento, o professor da disciplina deve orientar os grupos para a elaboração de questões técnicas para o estudo sobre o tema. Também, o

professor revisita seu plano de aula e cronograma de orientação, inserindo datas de orientação aos grupos para que os mesmos insiram em seus cronogramas.

No quarto momento, o professor da disciplina de PBL interage com os professores das demais disciplinas de maneira que os colegas saibam sobre os projetos e orientem as competências essenciais e complementares da sua disciplina que contribuam para o desenvolvimento do estudo e/ou projeto.

Em um quinto momento, são feitas as orientações específicas, intercaladas com acompanhamento das disciplinas do período.

A etapa final é o momento das apresentações públicas para a banca de professores (com critérios de avaliação previamente divulgados aos estudantes) e das correções dos relatórios/trabalho escrito.

A avaliação dessa disciplina é composta por: apresentação oral; relatórios; trabalho escrito (monografia e artigo técnico); autoavaliação dos estudantes; avaliação pelos estudantes.

A nota da disciplina de PBL corresponde a 20% na nota das demais disciplinas do período, justamente por seu caráter de integrar em um único projeto as várias disciplinas.

O objetivo geral da disciplina de PBL é agregar os saberes de várias disciplinas/áreas em um estudo multidisciplinar desenvolvido ao longo do semestre letivo.

Os estudantes, em equipe, escolhem um tema para pesquisa em tecnologia atual, com a intenção de desenvolver a capacidade crítica de avaliar as mudanças tecnológicas, o desenvolvimento do estudo, a implementação de um protótipo de *hardware* e/ou de *software* e a realização de testes/simulações, além dos documentos técnicos (relatório e artigo). Também deve-se gerar conhecimento em termos de atualização de tecnologia e adaptação a elas mediante trabalho de pesquisa, discussão em grupo e aprimoramento intelectual. Salienta-se que o tema tem que ser aprovado pelo professor orientador da disciplina de PBL.

Um exemplo de problema estudado na disciplina de PBL I (1º período) é o “Consumo de Bateria de *Smartphones* em Jogos e Redes Sociais” (FABRI *et al.*, 2017), que consiste em testes de consumo de bateria de *smartphones* nas condições de uso em jogos e uso de internet acessando redes sociais.

Outro exemplo de problema estudado no PBL é o “Benchmark de Computadores *Desktop Gamer/Designer*” (HECHT *et al.*, 2017), que traz uma abordagem de comparação de diferentes perfis de teste de *hardwares*, a fim de determinar o melhor em desempenho para as tarefas pré-determinadas, em dispositivos voltados para jogos e dispositivos voltados para edição de imagem.

Uma das características fundamentais do PBL do curso de Engenharia da Computação é a multidisciplinaridade que engloba os vários saberes e conhecimentos trabalhados nas disciplinas do período e até mesmo de outras que ainda estão por vir.

Destaca-se também o engajamento e motivação dos estudantes para com

o desenvolvimento do PBL, pois é uma oportunidade única para a aplicação dos conceitos e teorias estudadas nas disciplinas do período em um estudo de cunho prático, em que têm que buscar novos conhecimentos para a solução do problema prático. O PBL é um elemento ativo no processo de busca e descoberta do saber, agregando conhecimentos tanto teóricos quanto empíricos, despertando, ainda, a habilidade para trabalhar em equipe, no gerenciamento das atividades e conflitos que surgem no decorrer do desenvolvimento do estudo.

5. PROPOSTAS CURRICULARES BLENDED

A metodologia orientada a projeto ou baseada em projeto pode ser considerada totalmente validada de acordo com Dym *et al.* (2005). O uso de PBL foi relatado por Gavin (2011) de maneira híbrida, não como um currículo totalmente baseado nessa metodologia de aprendizagem. Os componentes de um projeto de aprendizagem, neste sentido, devem ser organizados de maneira que incluam: (i) os objetivos e o conhecimento a ser adquirido; (ii) o tipo de problema; (iii) o tamanho e a duração do projeto; (iv) a aprendizagem por parte dos discentes; (v) o assessoramento por parte dos educadores envolvidos; (vi) o espaço usado para essa atividade; e finalmente (vii) a avaliação de toda a atividade de projeto. Holmes e Beagon (2015) apresentam uma aplicação de PBL na área de estruturas de Engenharia Civil. Devi (2017) apresenta um caso de estudo no terceiro semestre de um curso de Engenharia Civil, focando no uso de PBL, e o autor afirma que promove uma aprendizagem com pensamento crítico por meio de atividades de grupo. Nessa direção, esta experiência pretende mostrar a aplicação da PBL no curso de Engenharia Civil da Universidade de Passo Fundo – RS (UPF), que integra a aprendizagem do curso como um todo. Considerar um curso planejado com metas apenas usando esta metodologia (PBL) pode ter limitações em algumas instituições, seja pelas autoridades destas ou pela não aceitação de seus docentes. A disciplina denominada Projeto de Síntese, do penúltimo semestre do curso de Engenharia Civil, já em funcionamento por vários semestres, e que pode ser a base da reforma curricular, está acontecendo neste momento, usando uma mistura de disciplinas clássicas cara-a-cara expositivas e passivas, com técnicas de aprendizagem ativa do tipo educação orientada a projeto.

5.1 A educação orientada a projeto

A disciplina de Projeto de Síntese ocorre desde o ano de 2014 no curso de Engenharia Civil da UPF. Trata-se de uma experiência de aprendizagem orientada a projeto (PBL) que permite aos estudantes integralizar os conhecimentos obtidos ao longo do curso de Engenharia Civil.

Esta disciplina tem como objetivo desenvolver nos estudantes as habilidades necessárias para a elaboração de projetos para uma edificação multifamiliar de seis a dez pavimentos, incluindo a definição de materiais e processos construtivos, projetos de fundações e estruturas, sistemas elétricos, sistemas hidrossani-

tários e de gás e orçamento, cronograma e planejamento do canteiro de obras.

Ao contrário de aulas expositivas de aprendizagem passiva, centradas no professor, os alunos são assessorados pelos professores para elaborarem os projetos, colocando em prática os conhecimentos previamente obtidos nas diferentes disciplinas do curso. O professor atua apenas como assessor, respondendo as dúvidas pertinentes, questionando entendimentos equivocados e incentivando os alunos a se aprofundarem na resolução. Os alunos são desafiados a solucionar problemas, pesquisando as melhores opções para cada situação, tendo autonomia para conduzir seu aprendizado.

A disciplina de oito créditos presenciais é cursada em um semestre, durante o qual grupos de no máximo cinco alunos devem desenvolver todos os projetos para uma edificação residencial nos horários da disciplina, contando com assessoramentos dos professores das seguintes áreas do curso: Fundações, Estruturas, Hidráulica e Saneamento (Sistemas Prediais I - Projetos Hidrossanitários, Gás e Mangotinho), Construção Civil e Gerenciamento, além da disciplina de Sistemas Prediais II (sistemas elétricos), simulando as atividades de um escritório de Projeto de Engenharia.

Essa experiência permite aos estudantes a oportunidade de trabalharem em equipe, possibilitando a criação de um esforço coletivo para resolver os problemas. O trabalho em equipe possibilita a troca de conhecimento e agilidade no cumprimento de metas e objetivos compartilhados, uma vez que otimiza o tempo de cada pessoa e ainda contribui para conhecer outros indivíduos e aprender novas tarefas. Além disso, aumenta a interação entre alunos e professor e entre os alunos.

Os alunos assumem os papéis de gerente de projetos e projetistas de acordo com suas habilidades, tendo que gerenciar projetos, preparar relatórios escritos e fazer apresentações orais, simulando situações reais da vida profissional.

Os prazos, os formatos dos relatórios, as formas de apresentação dos resultados e os critérios de avaliação são de responsabilidade dos professores. Mesmo assim, a disciplina proporciona um alto grau de liberdade e de criatividade, diferenciando-a das aulas do ensino tradicional.

Seguindo a orientação pedagógica de que a avaliação não deve ser centralizada em um único instrumento e concentrada em uma única data, a disciplina de Projeto de Síntese utiliza diversos instrumentos de avaliação, como presença e participação em aula, elaboração de projetos (parcial e final), apresentações e bancas de debate.

No decorrer do semestre são realizadas duas entregas parciais para cada professor, nas quais cada grupo deve apresentar todo material de desenvolvimento dos projetos, de acordo com as diretrizes fornecidas por cada área do curso.

No final do semestre são realizadas a entrega final de todos os projetos finalizados e compatibilizados e a defesa final para a banca composta por todos os professores da disciplina.

Em todas as entregas, parciais e final, e na apresentação final são avaliados:

- A qualidade dos projetos e dos relatórios entregues;
- A capacidade dos alunos para detectar as interferências entre os projetos, resolver os problemas e defender as soluções adotadas;
- A qualidade da apresentação oral;
- A presença em aula durante os assessoramentos e nos dias de entregas e apresentação final.

Os alunos recebem as diretrizes gerais e regras da disciplina, com as datas e pesos das avaliações. Também são apresentados aos alunos cada item a ser cumprido nas entregas dos projetos, definido pelos professores das áreas. A avaliação da disciplina consiste na entrega parcial dos projetos em etapas pré-definidas pelas áreas com defesa individual dos alunos, entrega final dos projetos com a apresentação e defesa da compatibilização e integração dos projetos da edificação, apresentada por cada grupo de alunos.

A compatibilização de projetos na construção civil serve para verificar o que foi planejado pelos diversos projetistas a fim de evitar interferências entre os projetos elétrico, hidrossanitário, estrutural e fundações, por exemplo. Mais do que isso, a compatibilização integra as soluções, desde as arquitetônicas até instalações, e identifica as incompatibilidades entre os projetos.

São realizadas reuniões dos alunos para análise das interferências. E durante as análises dos problemas encontrados são realizados vários ajustes necessários que vão sendo discutidos entre os próprios alunos do grupo, com auxílio dos professores, a fim de se encontrar as melhores soluções para cada caso.

Assim, ao final de cada semestre, os professores conseguem visualizar o amadurecimento dos alunos perante os desafios da integração dos projetos nas suas edificações, a superação das dificuldades encontradas por eles, a oportunidade de eles poderem integrar e aplicar os vários conhecimentos já vistos nas disciplinas anteriores a essa no curso e o reconhecimento da importância dessa disciplina no currículo da Engenharia Civil.

A disciplina desenvolvida nestes moldes está sendo muito bem recebida por parte dos alunos, uma vez que as avaliações têm sido muito positivas, em muitos casos os alunos perguntam o “porquê” de não existir no currículo mais disciplinas com este mesmo formato, visto que eles identificam um melhor aprendizado a partir desta modalidade. Justifica-se que com a aplicação desta metodologia eles conseguem identificar de forma mais clara a necessidade e a importância de cada um dos conteúdos básicos e profissionalizantes que tiveram no decorrer do curso.

A implementação dessa configuração de disciplina, iniciada em 2014, está em constante reforma e aprimoramento, pois é também uma nova modalidade para os docentes do curso. Essa experiência vem servindo de base para que sejam repensados, além da disciplina de Projeto de Síntese, as outras disciplinas que

lhe antecedem, uma vez que os docentes passam a avaliar qual a melhor forma de transmitir os conteúdos aos alunos a fim de que estes possam ser melhor aproveitados, posteriormente, na disciplina de Projeto de Síntese – disciplina a qual se caracteriza, basicamente, por uma simulação da sua vida profissional ligada à área de projeto de edificações residenciais.

6. A PBL DE BAIXO IMPACTO COMO MODELO PARCIAL

O acesso à tecnologia ampliou o alcance ao conhecimento, pessoas com perfil investigativo e autodidatas têm se despontado no mercado de trabalho e no ambiente acadêmico, nesse sentido o modelo de ensino de estudantes passivos que apenas recebem o conhecimento em aulas desgastantes cheias de teoria está claramente defasado. O perfil de discente neste sentido mudou, claramente ainda existe uma heterogenia e observa-se, nesta última experiência realizada no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), que boa parcela dos discentes se sente desmotivada e se comportam passivamente, entretanto, outra parcela ativa, que pesquisa por conta própria, busca conhecimento, discute, questiona e vai além do que está no Projeto Pedagógico vem se despontando. Por esta razão o curso tem caminhado no sentido de uma experiência que tende a implantação de propostas de ensino construtivista e PBL (*Problem Based Learning*), como as apresentadas em Araújo *et al.* (2016).

Na literatura, o PBL se desponta por dinamizar e tornar atraente o processo de aprendizagem, colocando o aluno como um dos pilares do desenvolvimento do ensino, propiciando uma aproximação e oportunidade de interação entre discentes e entre discente e docente que serão parceiros no desenvolvimento do projeto. A ideia principal é dissociar o papel de difundir e compartilhar o conhecimento, todos têm papel ativo neste sentido, o que incentiva o apreço pelo estudo e a busca autônoma do conhecimento.

Uma desvantagem de utilizar o PBL indiscriminadamente é a dificuldade de explorar todo o conteúdo programático e também de definir o tempo necessário para a execução de um projeto, entendendo que o discente tem uma carga programática que deve ser cumprida para receber as atribuições de engenheiro.

Ribeiro e Escrivão Filho (2011) relatam problemas com a implantação de um PBL, os discentes envolvidos no PBL apresentaram reclamações de carga excessiva de trabalho, demonstraram que o PBL influenciou negativamente no conteúdo da disciplina que soou superficial, alegaram ainda desbalanceamento da equipe de trabalho por conta de motivação, o grupo não estava coeso e trabalhando de maneira uniforme, o que gerou sobrecarga de alguns. Esse fato se dá a uma implantação não planejada de PBL, visto que o papel do ensino baseado em problemas é justamente ampliar o conhecimento por meio de abordagem mais prática de problemas de Engenharia; para isso os discentes devem ser preparados e direcionados ao entendimento da importância do trabalho em equipe para a resolução do problema.

Na Engenharia um projeto vem da solução de um problema que pode ter várias respostas, além disso, geralmente será necessária a confecção de protótipos, realização de testes, modelos etc., desta forma o processo pode ser longo e requer amplo conhecimento interdisciplinar.

O objetivo geral desta experiência foi apresentar como tem sido desenvolvida uma disciplina de projetos em curso de Engenharia Mecânica da UFU, verificar se há utilização da metodologia do PBL (Aprendizagem Baseada em Projetos) e apontar propostas de melhorias para esta.

6.1 A implantação de um modelo PBL parcial

Esta experiência apresenta como tem sido desenvolvida uma disciplina de um curso de Engenharia Mecânica na qual são desenvolvidos projetos.

A metodologia utilizada se encaixa no conceito de um modelo PBL parcial e visa a introduzir o PBL para uma aplicação em Engenharia de modo a abordar o conteúdo programático de forma mais ampla, inter-relacionando os conhecimentos obtidos durante o curso, de forma prática por meio da solução de problemas de Engenharia, sendo um processo interessante e prazeroso para garantir que a maioria dos discentes se envolva com o projeto.

O componente curricular foi criado com o objetivo de resolver problemas de Engenharia. Estes são separados em três grandes áreas: Projetos Mecânicos, Sistemas Térmicos e Robótica.

O discente desenvolve um projeto em grupo e é orientado por um professor da área específica, o projeto tem duração de seis meses, assim como todo componente curricular. Esta implantação foi imediata e causou menos impactos na estrutura curricular vigente. Essa disciplina é cursada no penúltimo período do curso de graduação e o discente deve ter contemplado uma carga total de 2000h de curso para se matricular. Esta iniciativa objetiva que o discente ingresse na disciplina com maturidade e capacidade para desenvolver o estudo de forma autônoma e conseguir resolver um problema prático de Engenharia.

Nesta disciplina os projetos são propostos a partir de discussões entre discentes e docentes, os docentes devem fomentar a discussão com situações reais que representem problemas de Engenharia e, com base nessas discussões, possíveis soluções para o problema são discutidas.

Importante salientar que os grupos e a área de desenvolvimento do projeto não são de escolha do discente, a escolha é feita por sorteio, para evitar que o discente escolha a área do projeto de acordo com sua região de conforto. A proposta é justamente o contrário, é colocar o discente frente a um problema que demande dedicação, interesse e trabalho.

Neste cenário, o docente de cada área tem papel de tutor. E ele acompanha e orienta os discentes durante a elaboração das possíveis soluções, que são desenvolvidas pelos discentes.

Ao final do semestre os grupos de discentes apresentam os projetos a todos os outros estudantes e docentes da disciplina. Nesse momento, eles apontam como elaboraram as propostas, o que inclui a modelagem matemática, simulação, elaboração gráfica do projeto. Dessa forma, os docentes buscam que todos os conhecimentos necessários ao desenvolvimento de todos os projetos sejam compartilhados entre todos, o que contribui com atendimento ao item “e”.

Embora atenda aos elementos essenciais para aplicação da metodologia PBL, apontam-se aspectos de melhorias, quais sejam:

- Trazer, também, casos reais, vindos das indústrias para discussão e seleção das propostas de projetos;
- Incluir a etapa de implantação do projeto, na qual os estudantes possam construir protótipos;
- Instrumentar o protótipo e analisar os resultados;
- Acrescentar uma etapa para se otimizar a solução proposta para o projeto.

Espera-se que, com a inclusão dessas etapas, seja possível contemplar o desenvolvimento de características importantes para a atuação plena de um engenheiro.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as contribuições aqui apresentadas faz-se, por fim, importante esclarecer quanto ao uso das nomenclaturas “Aprendizagem Baseada em Problemas” (do inglês PBL) e “Aprendizagem Baseada em Projetos”. Embora a segunda derive da primeira, metodológica e temporalmente, vários são os pontos em comum entre as duas. Por mais que uma tenha maior foco no problema e a outra no projeto (ou produto), ambas partem da construção colaborativa e participativa, conjugando-se não apenas teoria e prática, mas também os saberes na Engenharia em uma perspectiva holística e integradora. Além disso, o ensino de projetos é, geralmente, centrado na solução de problemas (Cf. BRAIDA, 2014).

Conclui-se, portanto, que, independente da definição adotada, o importante nessa proposta é que o ensino não se torne compartimentado, fazendo-se “engenharia pela engenharia”, mas sim consciente e integrado, de onde se promovem as articulações necessárias para que a aprendizagem se torne ativa e a universidade mais próxima da realidade dos estudantes e do país que, decisivamente, depende da Engenharia para o seu desenvolvimento.

8. BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing**. New York: Longman, 2001.

ARAÚJO W. J. *et al.* Aprendizagem por problemas no ensino de engenharia. **Re-**

vista Docência Ensino Superior, v. 6, n. 1, p. 57-90, abr. 2016.

BARRET, T. The Problem-Based Learning Process as Finding and being in Flow. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 47, n. 2, p. 165-174, 2010.

BLOOM, B. S. **Taxonomy of Educational Objectives: The classification of Educational Goals: Handbook I, Cognitive Domain**. New York: Longman, 1956.

BONATTO, A. PUC Minas inova para ensinar engenharia de energia. **Jornal Extra**, v. online, 2012. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/educacao/vida-de-calouro/puc-minas-inova-para-ensinar-engenharia-de-energia-5370204.html>>. Acesso em: 24 out. 2017.

BRAIDA, F. Da Aprendizagem Baseada em Problemas à Aprendizagem Baseada em Projetos: estratégias metodológicas para o ensino de projeto nos cursos de Design. **Actas de Diseño**, v. 17, p. 142-146, 2014. Disponível em: <http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=10252&id_libro=485>. Acesso em: 24 out. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. Resolução n. 11 de 11 de Março de 2007. Institui diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação em engenharia. **Ministério da Educação**, Brasília, DF, p.1-4, jun. 2002.

BRASIL. Lei n. 9.394/1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Presidência da república**, Brasília, DF, dez. 1996.

CRAWLEY, E. F.; BRODEUR, D. R. The Education of Future Aeronautical Engineers: Conceiving, Designing, Implementing and Operating. In: AEROSPACE SCIENCES MEETING INCLUDING THE NEW HORIZONS FORUM AND AEROSPACE EXPOSITION, 48., 2010, Orlando. **Anais...** Orlando: AIAA, 2010.

DEVI, R. T. Implementing Project-based Learning in Civil Engineering - A Case Study. **Journal Of Engineering Educations Transformation**, Bangalore, v. 30, n. 3, p.272-277, 2017.

DYM, C. L. *et al.* Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. **Journal of Engineering Education**, Virginia, v. 2015, n. 1, p.103-120, jan. 2005.

ESTEVES, O. A.; PAULA, M. I. L. Trabalhos acadêmicos integradores: uma proposta de transdisciplinaridade para o curso de Engenharia de Energia da PUC Minas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2006, p. 5108-5118.

FABRI, C. P. *et al.* Metodologia PBL na introdução à Engenharia da Computação: consumo de bateria de smartphones em jogos e redes sociais. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., Belém. **Anais...** Belém: CONFEA, 2017.

FERLIN, E. P.; PILLA JR, V.; CUNHA, J. C. A multidisciplinariedade aplicada no ensino no curso de Engenharia da Computação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 32., Brasília. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2004.

FERLIN, E.P.; PILLA JR, V.; SAAVEDRA, N. The Theory-Practice Partnership. In: AN-

NUAL INTERNATIONAL CONFERENCE, Juan Dolio. **Anais...** Juan Dolio: ITHET, 2005.

GAVIN, K. Case study of a project-based learning course in civil engineering design. **European Journal of Engineering Education**, [s.l.], v. 36, n. 6, p.547-558, dez. 2011.

HECHT, R. S. *et al.* Metodologia PBL em Fundamentos da Engenharia da Computação: Benchmark de Computadores Desktop Gamer/Designer. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., Belém. **Anais...** Belém: CONFEA, 2017.

HOLMES, N.; BEAGON, U. **Introducing PBL into civil and structural engineering**. DIT Teaching Fellowship Reports, 2014-2015.

LOURENÇO JR, J.; VERALDO JR, L. G. CDIO approach: description of the experience in a Brazilian HEI. In: INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE, 11., 2015, Chengdu. **Anais...** Sichuan: University of Information Technology, 2015.

MELO, R. C. Estratégias de ensino e aprendizagem baseadas em problemas (PBL) no ensino tecnológico. In: WORKSHOP DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULO SOUZA, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CPS, 2013.

MIRANDA M. G.; RESENDE, A. C. A. Sobre a pesquisa-ação na educação e as armadilhas do praticismo. **Revista Brasileira de Educação**, v. 1, n. 33, Set/Dez, 2006.

NOVAES, M. B. C.; GIL, A. C. A. A pesquisa-ação participante como estratégia metodológica para o estudo do empreendedorismo social em administração de empresas. **Revista de Administração Mackenzie Ram**, v. 10, n. 1, p. 134-160, Jan./Fev, 2009.

PILLA JR, V.; FERLIN, E.P. Os níveis de aprendizagem da taxonomia de Bloom aplicados em uma disciplina de um curso de Engenharia da Computação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 38., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABENGE, 2010.

RIBEIRO, L. R. C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL):** uma implementação na educação em Engenharia na voz dos atores. 2005. 235f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E. Avaliação formativa no ensino superior: um estudo de caso. **Acta Scientiarum Language and Culture**, v. 33, p. 45-54, 2011.

STANFORD UNIVERSITY. Speaking of teaching. **Stanford University Newsletter on Teaching**, v.11, n. 1, 2001.

VERALDO JR, L. G.; DUARTE JR, J. A.; BOTURA, C. A. O ensino de Engenharia por projetos: participação pioneira de uma instituição de ensino superior brasileira na INICIATIVA CDIO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016, Natal. **Anais...** Natal: ABENGE, 2016.

Capítulo III

EDUCAÇÃO 4.0: TENDÊNCIAS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE IOT NO ENSINO DE ENGENHARIA

José Geraldo Ribeiro Júnior

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEFET/MG – *Campus Leopoldina*

Anderson Marcos Henriques

Faculdade de Engenharia de Sorocaba – FACENS

Fabiano Pereira Bhering, Lindolpho O. de Araújo Junior, Maicon Stihler

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEFET/MG – *Campus Leopoldina*

Sabrina Pereira Ishida, Maria Vitória S. Nicolini, Elis Regina Duarte

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Regiane Relva Romano, Anderson Marcos Henriques

Faculdade de Engenharia de Sorocaba – FACENS

Tatiane Augusta Godinho de Carvalho, Adriana Maria Tonini

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEFET/MG – *Campus Belo Horizonte*

SUMÁRIO

1. Introdução	62
2. O engenheiro, a tecnologia iot e a mudança no modo de produção	66
3. Aplicações sensíveis ao contexto e a perspectiva do sensoriamento participativo na educação 4.0	67
4. Smart campus e cidades inteligentes – melhores práticas e estratégias para adoção de aplicações de iot	70
4.1 Aspectos teórico-metodológicos	70
4.2 Descrição	71
4.3 Resultados.....	72
5. Questionamentos e estratégias apontadas para enfrentar os desafios da aplicação de iot no ensino de engenharia.....	72
6. Considerações finais	74
7. Bibliografia	75

Capítulo III

EDUCAÇÃO 4.0: TENDÊNCIAS E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE IOT NO ENSINO DE ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

As transformações ocorridas no mundo ao longo dos tempos – motivadas pelas revoluções industriais, pelas mudanças dos modelos de gestão, pelas inovações tecnológicas, pela economia e pela globalização – provocam mudanças constantes tanto na formação acadêmica e profissional quanto no trabalho.

A primeira Revolução Industrial, de 1760 a 1840, foi a primeira grande mudança. As indústrias substituíram as oficinas e o artesanato de pequena escala e utilizavam-se da produção mecânica com base na água e no vapor.

As mudanças foram maximizadas na segunda Revolução Industrial, no pós-guerra, com o advento dos modelos de produção Fordista (produção em série) e Taylorista (maior ritmo de trabalho) para atender à demanda de produtos industrializados. No entanto, há a desvinculação do trabalhador do seu ofício, o trabalho tornou-se menos humano, como revela Braverman (1987).

A prosperidade advinda desses modelos de produção é abalada com a crise mundial da década de 1970, que intensificou o desemprego, a transferência das empresas multinacionais para países periféricos, além da recuperação da Europa e do Japão, que impactou na redução das exportações, diminuindo assim o consumo e agravando o sistema fordista de produção (HARVEY, 1993). O antigo modelo capitalista, baseado no modelo taylorista, fordista-keynesiano, não suportava mais o novo contexto. Inicia-se, assim, a terceira Revolução Industrial. Para se adaptarem ao contexto neoliberal, as organizações passam por um processo de reformulação e baseiam-se na acumulação flexível do Toyotismo e no uso de tecnologias de ponta. Com essas transformações ocorridas no capital, Tomasi (2004), baseado em Dadoy (1990) e Zarifian (1995), acrescenta que com o aparecimento dos novos modelos de organização, profundas transformações ocorrem no sistema de produção e nas políticas de força de trabalho. Com o modelo de produção japonês, o trabalhador ocupa um novo papel dentro da organização, em que ele passa a ser autônomo, empreendedor e competente (TOMASI, 2004; DADOY, 2004). O trabalhador agora não se esconde mais dentro da linha de produção, exige-se dele maior interatividade com o processo e visão sistêmica para lidar com os imprevistos.

A partir do começo do século XXI deu-se o início à quarta Revolução Industrial, denominada Indústria 4.0. A Indústria 4.0 se caracteriza pelos sistemas de produção Ciberfísicos (CPS), ou seja, é a integração de longo alcance da produção, sustentabilidade e satisfação do cliente, formado por uma base de redes de sistemas inteligentes e de processos (BLOEM *et al.*, 2014). Por meio de modelos

predeterminados, a interação entre robôs e computadores permite ao processo a capacidade de autoprogramação para o alcance de melhores soluções para o atendimento das necessidades dos clientes com agilidade. No entanto, essa Revolução Industrial vem como ameaça aos países em desenvolvimento, devido ao processo de migração para a estrutura de produção customizada, atendendo aos mercados locais, o que poderia significar a mudança das indústrias dos países em desenvolvimento para perto do mercado consumidor nos países desenvolvidos (SCALABRE, 2016).

Políticas governamentais estão sendo colocadas em prática em países desenvolvidos, por exemplo nos Estados Unidos, desde 2011 o governo vem adotando discussões, ações e recomendações para que o país esteja preparado para o novo modo de produção, para isso articulou o documento “*Advanced Manufacturing Partnership (AMP)*”; o governo Alemão aprovou em 2012 a ação “*High-Tech Strategy 2020*”, um plano de desenvolvimento de tecnologias em que estão incluídos projetos para a Indústria 4.0. Outros países também anunciaram estratégias para lidar com a inovação na manufatura: França (2013), Reino Unido (2013), Comissão Européia (2014), Coréia do Sul (2014), Japão (2015), China (2016) e Singapura (2016) (LIAO *et al.*, 2017). Já no Brasil, o assessor do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, Rafael Rodrigues Moreira, anunciou o lançamento de um plano para a indústria 4.0 em outubro de 2017. Segundo ele, o plano tem “ênfase em incentivos fiscais a empresas inovadoras e *startups*, além de estímulos governamentais para adoção e geração de tecnologias e formação de mão de obra especializada”¹.

No entanto, se o Brasil ainda não possui políticas públicas vigentes para a indústria 4.0, como será o cenário interno do país em 2020? Alarmante, tendo em vista que no Fórum Econômico Mundial de 2016 foi anunciado o relatório “O Futuro dos empregos”. Esse relatório demonstra que até 2020 mais de 7 milhões de postos de trabalho serão extintos mundialmente, os conhecimentos e as competências passarão por grandes mudanças (WEF, 2016). O que reforça grandes transformações no trabalho e na educação, fomentando o desenvolvimento de saberes e conhecimentos na Engenharia e o grande impacto social evidenciado.

Segundo Priscecaru (2017) a atual revolução tem uma alta velocidade e evolui a um ritmo exponencial em vez de linear, desregula quase todas as indústrias em todos os países e transforma, assim, profundamente os sistemas de produção, gestão e governança. Para lidar com essas transformações, infere-se que os currículos de formação em Engenharia precisam se adequar a essa nova vertente, desenvolver conhecimentos na academia para possibilitar ao engenheiro a mobilização de competências para desenvolver projetos e processos sustentáveis para o desenvolvimento do país.

¹ Disponível em: <http://www.valor.com.br/brasil/5000848/governo-e-industrias-discutem-plano-nacional-para-modernizacao-do-setor>. Acesso em julho de 2017

As escolas de Engenharia surgidas na Revolução Industrial, cada vez mais, sentem a necessidade de se reinventar para adaptar-se às novas funções do engenheiro no mercado de trabalho. Então, quais são os desafios para formação generalista do engenheiro frente à iminência do desenvolvimento de competências para atender as necessidades da indústria 4.0 no Brasil (Cf. TONINI, 2011)? Para atender às demandas dessa nova revolução, os saberes e os conhecimentos serão baseados na revolução digital, em inteligência artificial, *machine learning*, o aprimoramento de sensores, aperfeiçoamento da nanotecnologia e do campo genético, a utilização da Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) e do *Big Data* (SCHWAB, 2016).

Segundo Kevin Ashton (2009) – muito provavelmente o primeiro a fazer uso do termo “Internet das Coisas” – vivemos em uma realidade tecnológica em que tudo o que existe, em termos de dados disponíveis na Internet, foram capturados, organizados e sistematizados por seres humanos: pessoas com tempo, acurácia e atenção limitados. A Internet torna-se, portanto, mediante esta realidade, um repositório de informação e de ideias em um mundo essencialmente físico, composto por coisas. Nesse contexto, o termo “Internet das Coisas” foi galgado expressando uma idealidade em as que “coisas”, utilizando-se do ambiente virtual, podem, de maneira autônoma, adquirir, usar e reunir dados sobre o mundo físico, expressando resultados quantificáveis ao usuário. Esse processo autônomo ajuda na tomada de decisão, reduzindo drasticamente custos, poupando tempo e eliminando desperdícios.

Em se tratando de IoT e sua relação e impacto na vida da sociedade, esse assunto é frequentemente debatido. Um exemplo, de maneira mais fantasiosa e, de certa forma distanciada da realidade, é apresentado no conhecido filme de ficção científica *Her* (2013), dirigido por Spike Jonze, em que as IoT foram tão absorvidas pela sociedade a ponto de “coisas” adquirirem *status* de consciência. Já no cotidiano real, exemplos são sistemas de cobrança automática de pedágio, sistemas de automação residencial ou uso de códigos do tipo *QRcode*, por exemplo, que utilizam este conceito.

A realidade social e tecnológica em que o conceito de IoT foi traçado, no ano de 1999, fazia com que os aspectos elucubrados por Kevin Ashton tivessem, em sua concepção, traços de onirismo. Apenas dez anos depois, entretanto, no ano de 2009, em publicação no *RFID Journal*, Ashton afirmou que muito progresso foi feito na área, e que este é um segmento tecnológico que não deve ser limitado a pequenas escalas, pois possui potencial concreto de mudar o mundo. Fato é que mesmo as possibilidades que, há pouquíssimos anos atrás, eram alvo de mera ficção científica, com o crescimento vertiginoso da evolução tecnológica, mostram-se – ainda que precipuamente limitadas – possíveis e presentes no cotidiano atual. É o caso dos sistemas operacionais *Siri* (para sistemas *IOS*), *Google now* (para sistemas *Android*) ou *Cortana* (para sistemas *Microsoft*), que trazem uma realidade semelhante àquela apresentada em *Her*.

Levando em conta um ponto de vista técnico, Singer (2012) traz como definição para “Internet das Coisas” os processos que envolvem objetos que produzem ou processam informação de forma autônoma e em tempo real e estão conectados em rede. Teixeira (2014), por sua vez, enfatiza que se trata de uma estrutura de rede dinâmica com capacidade de autoconfiguração, baseando-se em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis, atribuindo personalidade virtual, atributos físicos e identidade às “coisas” físicas e virtuais. Além do termo “Internet das Coisas”, outras denominações podem ser utilizadas quando se trata do conceito tecnológico previamente definido. Nos Estados Unidos, por exemplo, há variações frequentes para referir-se a essa tecnologia, como *smart objects*, *smart grid* e *cloud computing* (Cf. SINGER, 2012). Para Santaella (2013), essa rede pervasiva implica não só a conexão entre pessoas, mas também entre pessoas e objetos e mutuamente entre os próprios objetos, passando estes a assumir o controle de atividades sem a necessidade de pessoas atentas ou no comando. Há um caráter, portanto, de ubiquidade na tecnologia IoT, referindo-se à ideia de que há algo atuante e sempre disponível em todos os momentos e lugares, ocorrendo de modo simultâneo. Deste modo, com a atual situação de compartilhamento, armazenamento e recuperação de informações, há uma mudança drástica no modo como as pessoas acessam este conhecimento para resolver problemas. Entretanto, para que haja viabilidade tecnológica, Santaella (2013) cita três pilares principais: uma forma de identificação eficiente em custo, uma evolução no sensoriamento para permitir a detecção no estado físico dos objetos e seu ambiente real e miniaturização da tecnologia.

As mudanças ocorridas no mundo do trabalho acarretam uma nova reestruturação em todos os campos que sustentam a relação trabalho e formação (DUGUÉ, 2004). Para lidar com situações de trabalho, os acontecimentos ou “problemas e enigmas que circundam o homem e suas experiências” (TONINI, 2011, p. 4) remetem à formação generalista do engenheiro. A formação generalista incide na busca de conhecimentos além das teorias, em um determinado contexto produtivo, que será capaz de construir matrizes explicativas para as situações problemas, os enigmas. A autora trata da importância da formação crítica, que ocorre quando o profissional é capaz de ordenar os conhecimentos de forma estruturada e com prioridade para a formação. Desta forma, este capítulo tem como objetivo levantar a necessidade de atualização na formação do engenheiro de forma a acompanhar a evolução.

O restante desse capítulo está organizado da seguinte forma: a seção 2 destaca a tecnologia IoT e a mudança no modo de produção, a seção 3 apresenta uma visão do uso de aplicações sensíveis ao contexto e da perspectiva do sensoriamento participativo na Educação 4.0. A seção 4 apresenta um projeto de *Smart Campus*, desenvolvido na FACENS, apresentando práticas e estratégias para a adoção de aplicações de IoT. A seção 5 apresenta alguns questionamentos e estratégias apontadas a partir de discussões sobre o tema proposto e, finalmente, a seção 6 apresenta as considerações finais.

2. O ENGENHEIRO, A TECNOLOGIA IOT E A MUDANÇA NO MODO DE PRODUÇÃO

É um fato consagrado que as tecnologias IoT têm modificado drasticamente o modo de interação entre pessoas e a sua relação com os objetos. De modo extraordinário, também objetos conectam entre si e passam a relacionar-se e também a e sujeitarem a transformações em seu modo de relação.

Obviamente, além de geladeiras capazes de cuidar de seu próprio estoque e enviar pedidos de compras ao supermercado, garagens que só liberam a entrada de veículos de moradores do condomínio do qual são parte, informações meteorológicas e de trânsito, sistemas operacionais capazes de atuar como assistentes virtuais, entre outras facilidades, a Internet das Coisas influi também no modo de produção industrial.

Um engenheiro recebe em seu *smartphone* as informações sobre a situação operacional da planta em que trabalha. De maneira remota, pode tomar decisões baseando-se em números que acompanha em tempo real, sendo capaz de alterar as condições de operação dos equipamentos sem ao menos estar com os pés na planta. O gestor logístico de expedição conta com um galpão automatizado em que a paletização é feita exclusivamente por meio de robôs que, por meio de *tags*, fazem o controle dos objetos em estoque e seus fluxos de entrada e saída. Esta é uma realidade, em maior ou menor grau, pela qual os profissionais da indústria passam no momento atual. A quarta Revolução Industrial já está consagrada pelos novos modelos de produção.

Frente a isso, uma escola de Engenharia que surgiu com a primeira Revolução Industrial, importando os modelos das escolas francesas, e desde então muito pouco modificou-se, encontra vários desafios para remoldar-se. Para Carvalho (1999), a formação do engenheiro deve ir além de fórmulas e conceitos, não encontrando limitação nestes. O profissional deve estar apto a tomar decisões, além de possuir uma visão sistêmica que o permita buscar aplicar conhecimento a uma velocidade que acompanhe às exigências de mercado.

Isso nos coloca frente a uma reflexão sobre quais características seriam imprescindíveis para adaptação desses novos profissionais às tecnologias que evoluem a um ritmo muito rápido. Certamente, deve-se levar em conta que, em sua maioria, os alunos que ocupam os bancos de Engenharia nas universidades do Brasil já fazem parte de uma geração “nascida na tecnologia”, e isso por si só já é um desafio para os profissionais de Educação, que devem ter em mente as diferenças para as gerações anteriores no quesito aprendizagem. Moreira (2013) destaca a dificuldade por parte das gerações atuais em manter-se passivos frente à aprendizagem.

Deste modo, as escolas de Engenharia devem organizar e flexibilizar suas grades de modo a cada vez mais proporcionar ao aluno a possibilidade de ser agente da própria aquisição de conhecimento, colocando-se ativamente no processo educacional. As novas tendências do mercado apontam para a necessida-

de de profissionais aptos a deslocarem-se com facilidade e, acima de tudo, com velocidade, entre as diversas áreas de conhecimento que compõe o seu matiz de formação. Além disso, devem estar aptos a analisarem dados criticamente, pois o maior sensoriamento das cadeias produtivas exigirá tomadas de decisão objetivas, baseadas em dados de produtividade e redução de custos. Devem, ainda, estar habituados às linguagens de programação que compõem os sistemas, à falseabilidade da informação e à gestão, que tende a se tornar sua função primordial.

As evoluções das IoT certamente criarão novas fronteiras para a atuação do engenheiro, permitindo que este ocupe novas posições e elevando a interdisciplinaridade dos grupos de trabalho. A universidade deve estar pronta para se modernizar, trazer também para si as benesses da Internet das coisas, desatar amarras de preconceito que existem entre recursos tecnológicos e modelos pedagógicos clássicos, buscar e fomentar o desenvolvimento de plataformas e de *softwares* educacionais e promover discussões com seus alunos e egressos a fim de dinamizar o processo de ensino, trazendo a celeridade do mundo virtual para dentro de sua instituição.

Diante do exposto, a seção 3 apresenta como as aplicações sensíveis ao contexto e o sensoriamento participativo estão inseridos na Educação 4.0.

3. APLICAÇÕES SENSÍVEIS AO CONTEXTO E A PERSPECTIVA DO SENSORIAMENTO PARTICIPATIVO NA EDUCAÇÃO 4.0

Os dispositivos móveis podem ser utilizados por diferentes aplicações na Internet das Coisas, como em monitoramento de pessoas e ambientes. Uma das aplicações promissoras para desenvolvedores e usuários finais de *smartphones* são as chamadas aplicações sensíveis ao contexto. Essas aplicações são capazes de adaptar seu comportamento de acordo com o contexto atual, sem intervenção explícita do usuário, visando a aumentar a usabilidade e a eficácia, conforme o contexto ambiental.

Como existem muitas definições para o significado de contexto, neste trabalho utilizamos a definição de Abowd *et al.* (1999). O contexto é composto por qualquer informação que possa ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade e uma entidade pode ser uma pessoa, local ou objeto que seja considerada relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação. Ainda segundo Sanchez *et al.* (2006), a informação contextual consiste nos dados brutos obtidos pelos sensores e posteriormente processados para que apresentem consistência e possuam meta-informações agregadas.

As aplicações sensíveis ao contexto geralmente apresentam uma ou mais funções que podem ser categorizadas conforme Perera *et al.* (2014):

- **Anotação:** consiste na coleta inicial de dados sensoriais (sem emprego de outras informações contextuais) e seu uso para a geração de um contexto secundário (ex.: um contexto computado a partir da fusão

de dados do contexto primário). Em um ambiente com uma multitude de sensores, é fundamental que os dados coletados sejam anotados juntamente com seus contextos para que possam ser corretamente utilizados no futuro.

- Seleção de contexto e apresentação: a partir dos dados obtidos dos sensores, as aplicações podem decidir que serviços e informações precisam ser apresentadas para o usuário e como isso deve ser feito. Por exemplo, quando um usuário entra em um mercado e liga seu smartphone, ele deveria ser informado com uma lista de compras.
- Execução automática: diante de mudanças de informação contextual, as aplicações podem disparar eventos para executar tarefas automaticamente. Por exemplo, quando um usuário está se dirigindo para sua casa, a aplicação sensível ao contexto pode iniciar o processo automático de climatização da casa, para que o usuário encontre um ambiente ideal ao chegar.

Os dispositivos móveis também podem colaborar com as redes de sensores na Internet das Coisas, disponibilizando seu acesso à internet para compartilhar dados de sensores com limitações no tráfego da rede, armazenamento dos dados e consumo de energia. Considerando que os dispositivos móveis podem possuir mais recursos computacionais e de comunicação que os nós das redes de sensores, uma arquitetura e padrões de comunicação podem ser definidos para contribuir com a qualidade do serviço para diversos tipos de aplicações.

As pessoas e as comunidades também podem colaborar com os sensores na Internet das Coisas ao coletar, analisar e contextualizar dados, realizando assim um sensoriamento participativo. Nesse caso, compartilham os sensores dos *smartphones* e contribuem com suas experiências sobre os parâmetros ambientais. Esse processo, denominado sensoriamento participativo (Cf. BURKE, 2006), promove uma convergência entre tecnologia e inovação analítica, proporcionando um maior conforto e colaboração entre os participantes do sistema.

De acordo com Perera *et al.* (2014), o sensoriamento participativo reduz o custo da infraestrutura de rede, pois tira proveito dos recursos de sensores, processamento e armazenamento disponíveis nos *smartphones*, além de utilizar a localização dos usuários para obter dados mais precisos. Constatou-se que os dados ambientais coletados pelas pessoas são mais oportunos e geram um grande valor social (KUZNETSOV, 2010), pois os participantes contextualizam e associam suas experiências aos eventos ambientais.

Com a aplicação do sensoriamento participativo, os indivíduos e comunidades também podem explorar seus hábitos de transporte, alimentação e consumo, e as corporações podem promover práticas mais sustentáveis entre os funcionários. Além disso, oferece-se uma poderosa técnica ao permitir a contextualização de determinados dados e oferecer um feedback sobre as informações coletadas (SILVA, 2015).

Essas aplicações implicam várias oportunidades que variam desde a contribuição pública, em que os participantes enviam informações sobre o comportamento de uma determinada região, até para uso pessoal, em que os participantes registram informações sobre si mesmos e usam os resultados para análise e mudança de comportamento pessoal.

Freitas (2015) demonstra como diversos setores da sociedade podem ser beneficiados por essas aplicações, por exemplo: meio ambiente – para entender e avaliar impactos das mudanças ambientais; saúde – para acompanhamento médico e estabelecimento de melhores práticas físicas e planos alimentares; viagem e turismo – para estabelecer rotas veiculares e sugerir melhores pontos de interesses; análise social – para entender a dinâmica populacional.

Na indústria 4.0 as oportunidades se ampliam e apresentam grandes vantagens com base na conectividade, principalmente para redução de custo e armazenamento de dados. Chen *et al.* (2016) apresentam um ecossistema industrial inteligente que permite a coleta de dados de vários dispositivos que colaboram dinamicamente com indivíduos. A análise participativa dos dados coletados de indivíduos e dispositivos pode ser essencial para melhorar a eficiência da produção e do serviço industrial. Neste caso, foi proposto o sensoriamento participativo, combinando inteligência colaborativa e sensores industriais para facilitar a integração de dados espaço-temporais de diferentes fontes.

Um dos desafios para o sensoriamento participativo é a necessidade de uma arquitetura para melhorar a credibilidade e a qualidade dos dados, bem como um modelo de aplicações que envolve a participação em escalas pessoais, sociais e urbanas. Para isso, Perera *et al.* (2014) recomendam um framework para coleta de dados e um modelo que explora as características espaciais e temporais dos dados e dos sensores associados. Como exemplo, eles citam um sistema de mapeamento de ruído urbano que coleta os níveis de ruído, usando nós fixos alimentados por bateria, e utilizam o sensoriamento participativo (RANA, 2010) com dispositivos móveis, para prover os serviços de saúde e qualidade de vida para seus habitantes.

Outro desafio é a quantidade de amostras para a representação dos dados coletados no sensoriamento participativo que geralmente é muito limitada. Como os usuários participantes são voluntários, a coleta dos dados é realizada em diferentes tempos e locais, limitando assim a capacidade de produzir dados significativos para quaisquer aplicações; para motivar essa participação é necessário transmitir a confiança e os benefícios que a plataforma pode atingir, mas isso exige uma abordagem sobre questões e implicações de privacidade e propriedade dos dados.

A educação 4.0 deverá estar preparada para estas oportunidades e desafios, principalmente no ensino da Engenharia, em que as tecnologias estão inseridas e demandam uma constante evolução. Algumas atividades práticas realizadas por alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação do CEFET/MG podem

demonstrar a criatividade em propor aplicações do sensoriamento participativo. Os alunos implementaram protótipos de aplicativos que indicam as tendências para a Internet das Coisas, como: para iluminação pública – os participantes informam as condições de luminosidade da zona urbana para a manutenção das condições ideais; para atividade física – os participantes armazenam as informações dos exercícios físicos diários para o acompanhamento de profissionais de saúde; para controle de acesso e presença – estrutura para identificar indivíduos em determinados locais.

A partir dessas aplicações, e com perspectiva do sensoriamento participativo na Educação 4.0, espera-se despertar o interesse da comunidade acadêmica e atentar sobre as novas possibilidades de ensino e aplicações das tecnologias apresentadas na indústria 4.0.

4. SMART CAMPUS E CIDADES INTELIGENTES – MELHORES PRÁTICAS E ESTRATÉGIAS PARA ADOÇÃO DE APLICAÇÕES DE IOT

Esta seção tem como objetivo conceber as melhores práticas e estratégias focadas em cidades inteligentes (JOHNSON, 2008), usando o *Smart Campus* como fomentador destas iniciativas. Alunos, professores e funcionários estão diretamente ou indiretamente envolvidos com os projetos, pois os produtos gerados estão presentes no *campus*, permitindo a imersão dos frequentadores, potencializando assim a colaboração, o envolvimento e o comprometimento em novas tendências tecnológicas impulsionadas pela Internet das Coisas – IoT (DROEGE, 2011). O Programa *Smart Campus* Facens, da FACENS (Faculdade de Engenharia de Sorocaba) tem por objetivo prototipar, implementar, testar, analisar e replicar soluções para Cidades Inteligentes, utilizando o *campus* universitário como uma área para estudos das soluções que possam ser replicadas nas cidades.

4.1 Aspectos teórico-metodológicos

A nova geração, chamada de *Milleniuns* ou Geração Z, está hiperconectada, segura de si e “empoderada”. Os alunos exigem uma nova forma de educar. A informação está a um clique de distância e o papel dos educadores é transformar essa informação em conhecimento de forma interativa e gamificada. A internet tem “empoderado” os alunos e esses chegam às instituições cada vez mais conscientes de suas capacidades. Grande parte dos alunos querem “co-criar”! São confiantes, têm imaginação e não são passivos em sala de aula. Buscam a realização pessoal e querem um estudo customizado, que seus talentos sejam estimulados e apoiados.

Por meio dos laboratórios, núcleos e centros de pesquisas da FACENS, os alunos aprendem a aprender e a empreender. O foco da nova educação é a redução do estresse por meio da interatividade, do entretenimento e da educação na prática, visando ao maior bem-estar físico e mental, sem deixar de lado a educação séria e exigente.

O *Smart Campus* é um laboratório vivo, que busca solucionar problemas reais, conectando a comunidade acadêmica, mercado e sociedade, por meio de projetos que tornam as cidades mais humanas, inteligentes e sustentáveis. Foi desenvolvido em parceria com o G-Lab do MIT, com início em 2014. O projeto tem como visão ser um ecossistema de formação de lideranças capazes de resolver, colaborativamente, problemas emergentes da sociedade, gerando produtos e serviços de alto valor agregado. Tem ainda por objetivo desenvolver, implementar, testar, analisar e replicar soluções para Cidades Inteligentes, utilizando o *campus* universitário como uma área para estudos das soluções que possam ser replicadas nas cidades.

No *Smart Campus* FACENS (GLAESER, 2006), os alunos têm a possibilidade de colocar em prática a cidadania e de desenvolver projetos relacionados aos 17 objetivos sustentáveis da ONU, o que transforma esses alunos em agentes de mudanças. O aluno pode atuar em um ou mais dos oito eixos do projeto: Educação e Arte, Saúde e Qualidade de Vida, TIC, Energia, Indústria e Negócios, Mobilidade e Segurança e Meio Ambiente e Urbanização. Também se integra aos demais núcleos, tais como: FabLab, Núcleo de Robótica Inteligente (NRI), FACE – Facens Centro de Empreendedorismo, LIGA – Laboratório de Inovação em *Games* e *App*. Enfim, o aluno tem a possibilidade de aplicar na prática todos os ensinamentos teóricos e ainda desenvolver um produto ou um serviço que poderá virar uma *startup*, que será suportada pelo FACE, até a sua completa estabilização no mercado, permitindo ao aluno uma visão holística e integrada entre teoria e prática.

Por estar situado dentro de uma faculdade de Engenharia, muito além de criar inovações para a área, o *Smart Campus* possui cunho educacional, proporcionando aos estudantes a visão holística do mundo contemporâneo, que abranje a multidisciplinaridade profissional, a urgente necessidade do exercício da cidadania e a prática da vida pessoal/profissional dentro dos conceitos da sustentabilidade. Prioriza-se a transformação de problemas reais em soluções aplicáveis no contexto urbano, alinhando-as com as necessidades, crises e desafios do Brasil para as próximas décadas. Enfim, trata-se de um programa que visa à formação de engenheiros cidadãos, com visão prática e humana sobre os reais problemas da sociedade que estão sendo treinados para resolver de forma inteligente, sustentável e humana os problemas do cotidiano.

4.2 Descrição

A ação colaborativa e bem-sucedida da equipe do *Smart Campus* FACENS permitiu a criação de certas ramificações para novas iniciativas de estudo e pesquisa em temas tecnológicos, que culminaram a concepção de novos núcleos e centros de pesquisa. Neste caso, alunos, professores e funcionários agrupados por afinidades e áreas de atuação em comum despertaram o interesse na atuação de temas correlatos a cidades inteligentes, buscando, por exemplo, o desenvolvimento de Robôs Autônomos Inteligentes em ambientes controlados ou não (Núcleo de

Robótica Inteligente), iniciativas empreendedoras (Facens Centro de Empreendedorismo), ações de eficiência energética (Núcleo de Energias Renováveis), tratamento da arquitetura de comunicação para recursos de processamento (Núcleo de Telecomunicações), etc. Muitos projetos multidisciplinares atualmente são desenvolvidos entre núcleos, em que alguns fornecem a mão de obra qualificada no meio acadêmico (ex.: NRI), outros fornecem contato de parceiros (empresas ou indústrias) e desenvolvimento tecnológico (*hardware e/ou software*) disponíveis pelo IPEAS (Instituto de Pesquisas e Estudos Avançados Sorocabano), etc. A atuação multilateral e diversificada hoje contempla um horizonte mais profundo de atuação da FACENS em iniciativas que motivam, envolvem e engrandecem a comunidade acadêmica, fortalecendo sua atuação na Educação em Engenharia a nível nacional e internacional.

4.3 Resultados

Em 2016, o *Smart Campus* FACENS (SCF) promoveu ou fez parte de 70 eventos como apresentador, expositor, avaliador ou apenas participante. No total – 3090 alunos FACENS regulares e 3273 participantes (público externo), constituídos por crianças, jovens e adultos – 6.363 pessoas presenciaram as iniciativas e conceitos voltados às cidades mais humanas, inteligentes e sustentáveis. Os integrantes do projeto apresentaram ainda seis artigos em diversos congressos acadêmicos. Além disso, foram realizados 10 treinamentos, nos quais os alunos do *Smart Campus* FACENS foram incitados a participar com todos os custos subsidiados para se qualificarem para o desenvolvimento de seus projetos em andamento. Foram oferecidas 10 visitas técnicas externas para os estudantes e como resultado 243 alunos receberam conhecimento e tiveram contato com o que o mercado está fazendo relacionado a cidades inteligentes.

Com mais de dois anos de atuação, o *Smart Campus* FACENS tem participação ativa envolvendo cerca de 6.500 pessoas, por meio de treinamentos, congressos, apresentações, *workshops*, Iniciação Científica (IC) e Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC). O projeto apresenta também resultados relevantes para sua comunidade, amplamente reconhecido pelo município de Sorocaba. Foram desenvolvidos mais de 20 projetos que foram implementados dentro do *campus* e receberam três prêmios: Top Educacional 2016 - ABMES, Automação Educacional GS1 / 2016 e *Smart City UK* em 2017.

Finalmente, o *Smart Campus* FACENS está se reinventando e buscando incansavelmente eficácia no desenvolvimento de soluções que possam melhorar a vida cotidiana das cidades brasileiras (SHAPIRO, 2006), visando ao bem coletivo e apoiando o conceito de Economia Compartilhada (MEIER *et al.*, 2011).

5. QUESTIONAMENTOS E ESTRATÉGIAS APONTADAS PARA ENFRENTAR OS DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE IOT NO ENSINO DE ENGENHARIA

É fato que acompanhar a evolução tecnológica, levando para a sala de aula tecnologias que se renovam a cada dia, não é uma tarefa fácil. Mudanças trazidas

por conceitos como a Internet das Coisas ou a Indústria 4.0 são profundas e exigem, tanto do ponto de vista tecnológico quanto do ponto de vista de conhecimento, capacitação tanto do corpo docente quanto uma preparação por parte da escola em si. Porém, acredita-se que o maior desafio está do lado dos estudantes, especialmente num momento em que boa parte destes chega aos cursos superiores com uma base deficiente e carente de conhecimentos básicos, que, por muitas vezes precisa ser compensada durante os cursos superiores. Cada vez mais os alunos chegam conhecedores das mais diversas tecnologias, mas ao mesmo tempo são reféns destas. O acesso instantâneo a tudo que acontece gera um volume absurdo de informações, dificultando que os alunos mantenham o foco.

Outro ponto a ser considerado está na formação humana. Muitas instituições já despertaram para o fato de que um aluno sobrecarregado, estressado e que recebe tanto conteúdo que não consegue ter tempo para estudar não constitui o melhor caminho. É preciso considerar o lado humano, trabalhando habilidades como falar em público, trabalhar em equipe, trabalhar a criatividade dos alunos e encontrar nos mesmos outras habilidades que possibilitarão não só um destaque profissional, mas uma qualidade de vida.

Por muitas vezes falta o ócio criativo. E isso não é uma característica exclusiva dos alunos brasileiros. O excesso de trabalho e informações tem feito com que a humanidade venha perdendo sua capacidade de criar. Estudantes que possuem uma base de ensino sólida ainda conseguem encontrar um pouco desse tempo no dia a dia. Já estudantes que não possuem essa base precisam recuperá-la durante o curso superior, tornando o curso muito mais árduo. É nesse contexto que a escola tem um papel fundamental, pois precisa equilibrar o atendimento a este aluno que gasta mais tempo para conseguir executar as tarefas e ao aluno que tem tempo para executar um projeto de Iniciação Científica ou alguma ação empreendedora. Aliás, em se tratando de desafios, a Engenharia do século XXI passa por formar um profissional empreendedor.

Nesse contexto, o professor é um profissional fundamental no processo. É o professor que vai gerenciar todas as questionamentos aqui colocados durante o dia a dia do estudante. Seja em sala de aula, passando algum conteúdo, seja orientando um projeto de Iniciação Científica ou de conclusão de curso, ou mesmo preparando atividades e práticas que possam prender a atenção de estudantes que cada vez mais chegam com mais e mais possibilidades de distração. O acesso às informações em tempo real por parte dos alunos torna estes mais questionadores e obriga ao professor que se mantenha atualizado e antenado a cada mudança ou inovação.

Porém, especialmente no Brasil, há alguns questionamentos quanto ao processo de formação dos professores. O problema não está na qualidade técnica, mas no processo de formação e especialmente na forma de avaliação destes. Na maioria das instituições brasileiras (e mundiais), um professor é considerado bom e produtivo se este obtém bons resultados científicos. Não há, em muitos casos,

o reconhecimento pelo bom desempenho de uma turma. As avaliações dos professores consideram muito mais os artigos publicados em revistas ou congressos ou as patentes criadas. Do lado do professor, a dificuldade está no equilíbrio do próprio tempo; o professor, sobrecarregado de aulas, ainda precisa encontrar tempo para preparar uma boa aula, com práticas motivadoras, mas precisa também produzir. A formação do professor, que na maioria das vezes sai da faculdade de Engenharia diretamente para um mestrado e em seguida para um doutorado, também tem foco em transformar esse profissional em um bom pesquisador, o que nem sempre garante que este será um bom professor, capaz de lidar com toda a complexidade apresentada até aqui.

Para tornar o processo ainda mais difícil, políticas públicas por muitas vezes analisam os números friamente, analisando apenas o rendimento baseado em número de aprovações e reprovações. É claro que é preciso haver um equilíbrio mínimo, mas qual deve ser a prioridade: aprovar muitos alunos ou formar bem os alunos? A resposta parece óbvia, mas nem sempre as políticas públicas têm a boa formação como objetivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo teve como objetivo iniciar uma discussão da temática relacionada às tendências futuras e aos desafios de educar engenheiros. Atualmente, diante da 4ª Revolução Industrial e da IoT há uma ruptura no modo de agir, pensar, produzir e de se relacionar na sociedade. Consequentemente há um o impacto dessa ruptura para a formação do engenheiro. Buscou-se apontar caminhos para a prática docente e a organização curricular baseados em relatos de experiências e de resultados de pesquisadores e educadores em território nacional.

Desta forma, é possível concluir que, para que o Brasil deixe de ser coadjuvante na corrida tecnológica e passe a exercer um papel de protagonista, políticas públicas devem ser implantadas com urgência, pesquisas precisam ser desenvolvidas, não apenas sobre questões técnicas e dentro das organizações, mas também na educação para avaliar os currículos dos cursos de Engenharia e propor melhorias juntamente com profissionais e acadêmicos da área. Se nada for feito na formação dos engenheiros para atender às competências requeridas por essas novas tecnologias, o Brasil estará novamente como expectador dos avanços tecnológicos nas nações desenvolvidas, mantendo-se como importador de tecnologias e exportador de produtos básicos.

Infer-se que os desafios da formação do engenheiro frente a essa nova Revolução Industrial remetem ao desenvolvimento de conhecimentos de disciplinas como a computação, a estatística, os processos de produção, que estarão cada vez mais integrados no estabelecimento de sistemas produtivos inteligentes e conectados em rede.

O perfil do profissional demandado, com base na bibliografia estudada, será de engenheiros com competências para extrair conhecimentos a partir de gran-

des quantidades de dados (*big datas*) e no desenvolvimento de sistemas de computadores que apreendem e se adaptam não só aos dados gerados na planta produtiva, mas, também, aos padrões de consumo que circulam na Internet a todo momento.

7. BIBLIOGRAFIA

ABOWD, G. D. *et al.* Towards a better understanding of context and context-awareness. In: **Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing**, ser. HUC '99. London, UK: Springer-Verlag, 1999, p. 304–307.

ASHTON, K. That 'Internet of Things' thing. **RFID Journal**, 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

BURKE, J. A. *et al.* **Participatory sensing**. Center for Embedded Network Sensing, 2006.

BLOEM, J. *et al.* **The Fourth Industrial Revolution**. Things Tighten, 2014.

BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista**. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

CHEN, Y. *et al.* Industrial Internet of things-based collaborative sensing intelligence: framework and research challenges. **Sensors**, v. 16, n. 2, p. 215, 2016.

CARVALHO, F. C. A. *et al.* **A Interdisciplinaridade no Ensino da Engenharia: a Internet como Ferramenta**. In: COBENGE - XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 1999, Natal.

DROEGE, P. (ed.), (2011) **Intelligent Environments – Spatial Aspect of Information Revolution**, Oxford, Elsevier.

DADOY, M. **De la qualification aux compétences, IV èmes Journées de Sociologie du Travail**. La Sociologie du travail et la codification du social. Rapports et compléments, Toulouse, PITTEM/CNRS/Université de Toulouse le Mirail, 1990, tome 1, p.233-241.

_____. As noções de competência e competências à luz das transformações na gestão de mão-de-obra (2001). In: TOMASI, A. (Org) **Da qualificação à competência: pensando o século XXI**. Campinas: Papirus, 2004

DUGUÉ, E. A lógica da competência: o retorno do passado. In: TOMASI, A. (Org.). **Da qualificação à competência: pensando o século XXI**. Campinas: Papirus, 2004.

FREITAS, M. P. **Sensoriamento participativo: conceitos, desafios e oportunidades**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade Batista do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

GLAESER, E.L., Berry, C. R. (2006). Why are smart places getting smarter?, Taubman Center Policy Brief, Harvard Kennedy School, Março 2006.

HARVEY, David. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 1993.

HER. Direção: Spike Jonze. Megan Ellison, Vincent Landay. Estados Unidos da América: Annapurna Pictures, 2013.

JOHNSON, B. **Cities, Systems of Innovation and Economic Development**. Onivat-

tion: Management, Polcy & Practice, v.10, n.2-3, p. 146-155, 2008.

KUZNETSOV, S.; PAULOS, E. **Participatory sensing in public spaces: activating urban surfaces with sensor probes**. In: Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems (2010), ACM, p. 21–30.

LIAO, Y. *et al.* Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.

MEIER, W. J.; ULFERTS, G. w.; HOWARD, T. L..Transforming City Governments through IT. *The Review of Business Information Systems*, Fourth Quarter, v. 15, n. 4, 2011.

MOREIRA, V. R. *et al.* Aprimorando o ensino de engenharia com novas abordagens usando recursos computacionais. **Anais... VI Congresso Tecnológico InfoBrasil TI & Telecom**, Fortaleza, Brasil. 2013.

PERERA, C. *et al.* **A survey on internet of things from industrial market perspective**. *IEEE Access*, 2, 2014.1660-1679.

_____. **Context-aware computing for the internet of things: A survey**. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16, 1 (2014), 414–454. Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (2010), ACM, p. 105–116.

PRISECARU, P. The Challenges of the Industry 4.0. **Global Economic Observer**, v. 5, n. 1, p. 66, 2017.

RANA, Rajib Kumar. CHOU, Chun Tung, KANHERE, Salil SN. BULUSU, Nirupama, and Hu, Wen. 2010. Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system. In **Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'10)**. ACM, New York, NY, USA, 105-116.

SANCHEZ, L. *et al.* **A generic context management framework for personal networking environments, in Mobile and Ubiquitous Systems - Workshops**, 2006. 3rd Annual International Conference on, July 2006, p. 1–8. [Online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/MOBIQW.2006.361743>

SANTAELLA, L. *et al.* Desvelando a internet das coisas. **Revista GEMINIS**, v. 1, n. 2 Ano 4, p. 19-32, 2013.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Crown Business, 2016.

SCALABRE, O. **The next manufacturing revolution is here**. 2016. Disponível em: https://www.ted.com/talks/olivier_scalabre_the_next_manufacturing_revolution_is_here?language=pt-br Acesso em: jul. 2017.

SHAPIRO, J. M. (2006) Smart Cities: Quality of Life, productivity, and the Growth Effects of Human Capital, In: *The Review of Economics and Statistics*, vol. 88, n. 2, p. 324-335.

SILVA, T. H. *et al.* **Redes de sensoriamento participativo: desafios e oportunidades**. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2015.

SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. **Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade**, v. 2, p. 1-15, 2012

TEIXEIRA, F. A. *et al.* Siot–Defendendo a Internet das Coisas contra Exploits. **Anais...** 32º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2014

TOMASI, A. P. N. Qualificação ou competência? In: TOMASI, A. (org.) **Da qualificação a competência: pensando o século XXI**. Campinas: Papirus, 2004. p. 143-160.

TONINI, A. M. Perfil do engenheiro contemporâneo a partir da implementação de atividades complementares em sua formação. **Anais...** 8º Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social. Ouro Preto, 2011.

WEF, **The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution**. In: World Economic Forum - Executive Summary: The Future of Jobs and Skills. 2016.

ZARIFIAN, P. **Le travail et l'événement**. Paris: L'Harmattan, 1995.

Capítulo IV

EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA EM ENGENHARIA: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NO CONTEXTO BRASILEIRO

Alberto Bastos do Canto Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Andréa Cristina dos Santos

Universidade de Brasília – UNB

Christopher Freire Souza

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Claudia Renate Ferreira

Universidade Regional de Blumenau – FURB

Dianne Magalhães Viana

Universidade de Brasília – UNB

Elzo Alves Aranha

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Estéfano Vizconde Veraszto

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Campus Araras

Ewerton Amorim de Oliveira

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Fabio Pires

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI

Departamento Nacional

Gilmar Barreto

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC

Ida Luciana Martins Noriler
Universidade Regional de Blumenau – FURB

Jorge Candido
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Campus de Campo Mourão

José Tarcísio Franco de Camargo
Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL

Liane Ludwig Loder
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Campus Litoral Norte

Marcia Cristina Sarda Espindola
Universidade Regional de Blumenau – FURB

Paulo Victor de Oliveira Miguel
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC

Rodrigo dos Santos Cardoso
Universidade Regional de Blumenau – FURB

Samira Muhammad Ismail
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC

Sérgio Luiz Schubert Severo
Instituto Federal Sul-rio-grandense – IFSul
Campus Pelotas

SUMÁRIO

1. Introdução.....	82
2. É possível ensinar empreendedorismo nos cursos de engenharia no brasil?	84
2.1 A educação empreendedora nas universidades brasileiras.....	85
2.2 As diferentes maneiras como as universidades desenvolvem o espírito empreendedor nos alunos de engenharia	87
2.2.1 As semanas de cursos	88
2.2.2 Seminários e palestras técnicas.....	88
2.2.3 Empresas junior (ej)	89
2.2.4 Programa de educação tutorial (pet)	89
2.2.5 Hotel tecnológico e incubadoras de empresas.....	90
2.3 A experiência da utfpr em criar uma cultura empreendedora por meio do programa de empreendedorismo e inovação – proem.....	91
2.4 Programa educação empreendedora do sebrae	91
2.5 Considerações preliminares.....	92
3. Os desafios para a formação de engenheiros e educadores diante da era da inovação e do empreendedorismo	93
3.1 Novos desafios	94
3.2 Novos currículos e profissionais.....	97
3.3 Considerações preliminares	98
4. Implementação do laboratório aberto de Brasília	98
4.1 Educação empreendedora.....	99
4.2 Modelo do laboratório aberto para integração de disciplinas	101
4.3 Considerações preliminares	103
5. Do empreender necessário à necessidade de formar para empreender... 104	
5.1 Atitude empreendedora de estudantes de engenharia: relato de situações	105
5.1.1 Como melhorar o curso?.....	105
5.1.2 Comissão de boas vindas	105
5.1.3 Semana acadêmica.....	106
5.1.4 Competições acadêmicas.....	106
5.2 Empreendimentos bem-sucedidos de egressos: relatos de situações....	106
5.3 Diretrizes para a formação de engenheiro-empreendedor	107

5.4 Considerações preliminares.....	108
6. Projeto e metodologias ativas para uma educação empreendedora nas disciplinas associadas à programação no curso de engenharia ambiental e sanitária	108
6.1 Metodologia	110
6.1.1 Métodos comuns entre as duas disciplinas.....	110
6.1.2 Métodos específicos para introdução à computação	111
6.1.3 Métodos específicos para introdução à ciência dos dados.....	112
6.2 Considerações preliminares.....	112
7. Projeto pedagógico de engenharia em um eixo de articulação de empreendedorismo: um relato de consolidação em feiras de empreendedorismo e inovação.....	114
7.1 O eixo de articulação no centro de ciências tecnológicas.....	115
7.2 Feira de inovação e empreendedorismo do cct – furb	116
7.3 Considerações preliminares.....	117
8. Considerações finais	118
9. Bibliografia	120

Capítulo IV

EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA EM ENGENHARIA: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NO CONTEXTO BRASILEIRO

1. INTRODUÇÃO

Pela primeira vez no Brasil, uma Associação Científica vinculada à área de Engenharia realiza iniciativa inédita associada ao campo da Educação Empreendedora. A Sessão Dirigida (SD) intitulada “Educação Empreendedora em Engenharia: Situação Atual e Perspectivas no Contexto Brasileiro”, organizada no XLIV COBENGE em 2017, tem como propósito abrir uma arena de reflexão e debates, em nível nacional, sobre a importância estratégica da Educação Empreendedora na formação do engenheiro no Brasil.

A Educação Empreendedora na formação de engenheiros é um tema que vem recebendo atenção dos pesquisadores internacionais (EDWARDS *et al.*, 2010; ANTONITES; NONYANE-MATHEBULA, 2012; BYERS *et al.*, 2013; MÄKIMURTO-KOIVUMAAA; BELT, 2015). Em outra frente, constata-se que as nações desenvolvidas vêm cada vez mais ampliando a inserção da Educação Empreendedora na formação superior e no tecido da sociedade. O “*Entrepreneurship 2020 Action Plan*” e “*Teacher Education for Entrepreneurship*”, ambos relatórios da União Europeia, e o “*The Innovative and Entrepreneurial University*”, publicado pelo Departamento de Comércio dos Estados Unidos, atribuem à Educação Empreendedora um dos vetores que impulsionam a ampliação da prosperidade econômica e social.

No Brasil ainda estamos caminhando em passos tímidos e curtos em relação à inserção da Educação Empreendedora nos cursos de graduação em Engenharia. A atenção que a Educação Empreendedora vem recebendo por parte de pesquisadores brasileiros do campo da Engenharia não é suficiente para superar os desafios que imperam na formação dos engenheiros (ALMEIDA *et al.*, 2013; GOMES *et al.*, 2014; AMARAL *et al.*, 2016; ARANHA; SANTOS, 2016). Por outro lado, as políticas públicas direcionadas à inovação ainda não são capazes de contribuir para melhorar a posição brasileira entre os países inovadores. Estamos na posição nº 69 do *ranking* dos países inovadores, na frente de Peru, Marrocos, Filipinas e Tunísia.

No entanto, o que é Educação Empreendedora? Uma das noções predominante no Reino Unido advoga que a Educação Empreendedora consiste no conjunto de estratégias – pedagógicas de ensino-aprendizagem – que contribuem para o desenvolvimento da cultura empreendedora na sociedade e para o desenvolvimento de capacidades empreendedoras individuais direcionadas à criação de novas estruturas, redes e alianças, para gerenciar cada vez mais re-

lacionamentos complexos com diversos *stakeholders* (GIBB, 2002). Esta noção representa as condições necessárias e básicas para perseguir o comportamento empreendedor individual, organizacional e na sociedade, dentro de um ambiente cada vez mais global e turbulento. Uma outra definição contemporânea propõe que a Educação Empreendedora seja um processo que fornece aos indivíduos as habilidades de reconhecer oportunidades em contextos marcados por fortes riscos (GARAVAN; O' CINNEIDE, 1994). Esta noção enfatiza que os programas de Educação Empreendedora devem perseguir os objetivos de desenvolver atitudes para mudança e habilidades para utilização de técnicas de resolução de problemas relacionados ao contexto das empresas.

O objetivo deste trabalho é propor a reflexão sobre a Educação Empreendedora nos cursos de graduação das engenharias. Busca-se identificar aspectos essenciais que poderiam integrar uma agenda nacional visando a nortear a inclusão da Educação Empreendedora nos cursos de graduação em Engenharia no Brasil, a contribuir para ampliar o debate nacional sobre o fortalecimento das Engenharias no Brasil e a inovação na educação em Engenharia, a partir da perspectiva da Educação Empreendedora.

Assim, foi definido que os trabalhos selecionados para esta sessão dirigida deveriam atender aos seguintes objetivos norteadores:

- (I) Abrir uma arena de reflexão e debates sobre o empreendedorismo na educação em Engenharia, objetivos, contribuições e impactos, na formação do engenheiro brasileiro;
- (II) Disseminar as melhores práticas e experiências de Educação Empreendedora implementadas nos programas de formação em Engenharia no Brasil;
- (III) Fomentar a pesquisa de novos métodos, técnicas, modelos e *frameworks* apoiada no paradigma da Educação Empreendedora em conexão com Educação em Engenharia;
- (IV) Estimular a reflexão sobre a Educação Empreendedora, como meio de ampliar e enriquecer as habilidades empreendedoras na formação do engenheiro, visando a contribuir para aumentar o desempenho das indústrias brasileiras.
- (V) Reunir elementos para a construção de agenda nacional para a inserção da Educação Empreendedora nos programas de formação em Engenharia;

Seis trabalhos foram apresentados na sessão dirigida (SD) e agrupados em dois eixos. O primeiro relacionando trabalhos que propõem uma reflexão sobre a temática do ensino do empreendedorismo nos cursos de Engenharia no Brasil. No primeiro eixo, composto por dois trabalhos, analisou-se a possibilidade de

ensinar empreendedorismo nos cursos de Engenharia e os desafios na formação dos engenheiros e educadores. Já o segundo procurou relacionar os trabalhos que demonstram *cases* reais desenvolvidos dentro dos cursos de Engenharia por meio da Educação Empreendedora. O segundo eixo envolve quatro trabalhos que analisam experiências concretas de Educação Empreendedora nas engenharias: (a) Laboratório Aberto de Brasília, na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília; (b) A implementação do Empreendedorismo no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; (c) Projeto e Metodologias Ativas no cursos de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Alagoas; (d) O papel das feiras de Empreendedorismo e Inovação na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

Nas considerações finais estão destacados os principais resultados das discussões da sessão dirigida e alguns elementos que delimitam a situação atual e perspectivas da educação empreendedora no Brasil.

2. É POSSÍVEL ENSINAR EMPREENDEDORISMO NOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL?

Nas últimas duas décadas um fato vem preocupando as principais lideranças empresariais e governamentais indistintamente, refere-se à concentração da produção de bens e produtos industrializados por determinados grupos empresariais. A inovação e a automação dos processos industriais têm inviabilizado pequenas empresas de competirem nesse mercado globalizado.

Sobreviveram apenas grandes empresas ditas transnacionais, ou seja, empresas que durante a sua história de vida conseguiram adequar-se às grandes mudanças políticas, econômicas e tecnológicas. Permanecendo ativas e atuantes, apenas empresas que investiram fortemente em inovação: todas elas possuem em comum um fator diferencial de sucesso, o espírito empreendedor de seu fundador ou de seu atual presidente, que fez e continua a exercer influência sobre toda a organização para enfrentar e ultrapassar as dificuldades do seu dia a dia.

Por outro lado, vem surgindo uma reação no mercado global de produtos industrializados, em especial para empresas que estão investindo no desenvolvimento da ciência e aplicação de novas tecnologias. Há um processo de crescimento econômico rápido e sustentável, uma vez que essas empresas estão disponibilizando novos produtos e serviços inovadores à sociedade.

Nesse contexto de globalização da economia, existe um interesse crescente no papel que a educação empreendedora pode exercer, podendo desempenhar uma função de catalisador do desenvolvimento econômico e social, incluindo o crescimento, a inovação, o emprego e a equidade (SZIRMAI; NAUDE; GOEDHUYS, 2011). Cantillon (1931) levantou o papel do empreendedor na economia e Schumpeter (1942) destacou a inovação disruptiva como elemento capaz de transformar o sistema econômico estável em dinâmico, por meio do agente central, o empreendedor inovador.

O empreendedorismo pode se manifestar de várias maneiras e inclui tanto a economia formal como a informal, sendo uma das atividades fundamentais a criação de riqueza para a sociedade. É sabido que o empreendedorismo pode contribuir para o desenvolvimento econômico por meio de empresas de elevado crescimento ou empreendedorismo orientado pela necessidade, por meio de empresas que constituem uma importante fonte de rendimento e emprego para as populações mais vulneráveis.

O empreendedorismo pode também ser encarado como uma “oportunidade de emprego”, em muitos casos vem auxiliando jovens engenheiros a conquistarem seu espaço profissional. A pergunta apresentada no título do presente artigo já foi levantada, analisada e a resposta já foi anteriormente encontrada por Klein e Bullock (2006) e por vários autores. Trata-se de uma pergunta obsoleta em nível internacional. Entretanto, a pergunta é relevante, oportuna, atualizada e endereçada ao contexto brasileiro, no momento que se debate o fortalecimento dos cursos de Engenharia no Brasil e a busca de um novo currículo na formação de engenheiros, que privilegie não somente as habilidades técnicas, mas também as empreendedoras. Por outro lado, a pergunta levanta indiretamente o debate de como os cursos de graduação em Engenharia no Brasil poderiam inserir estratégias pedagógicas para formar estudantes empreendedores para inovar e gerar impactos nas empresas.

2.1 A Educação Empreendedora nas universidades brasileiras

Pergunta-se: é possível ensinar o empreendedorismo para os estudantes de Engenharia? Um único curso é suficiente para formar um empreendedor ou a educação empreendedora deverá fazer parte da cultura de toda a universidade? Infelizmente, no Brasil, muitos engenheiros estão aprendendo a empreender por conta própria depois da graduação. A criação de cursos voltados para o empreendedorismo poderia ajudar a sanar esta lacuna educacional e alavancar o desenvolvimento tecnológico.

Ainda não se possui uma forma eficaz para o ensino do empreendedorismo nos cursos de Engenharia no Brasil, apesar desses cursos serem voltados ao desenvolvimento e à aplicação de tecnologias. É pouco provável que ações esporádicas consigam transformar um estudante em um empreendedor de sucesso. Outros fatores relacionados com as características pessoais, que não envolvem apenas conceitos, são necessários para que de fato sejam criados engenheiros empreendedores (LURYI *et al.*, 2007).

Nos atuais cursos de engenharias a Educação Empreendedora fica a cargo das faculdades ou dos institutos de administração, que apesar de apresentarem uma grande afinidade com a gestão de empresas, não estão ligados diretamente aos cursos de Engenharia e pouco participam da elaboração de seus currículos. Sendo assim, o conteúdo de empreendedorismo é ministrado como um curso complementar, por meio de disciplina isolada, e em alguns casos como uma dis-

ciplina optativa. Logo, verifica-se um pequeno envolvimento dos docentes das áreas de Engenharia com a disciplina de Empreendedorismo.

Por ser uma disciplina ministrada por professores de outras faculdades, a carga horária normalmente é reduzida em relação às demais disciplinas específicas da Engenharia. Observa-se também em alguns casos que a disciplina de Empreendedorismo é eminentemente teórica e os conteúdos são meramente informativos com o intuito de chamar a atenção dos alunos para a possibilidade de empreender seu próprio negócio. Fiet (2000) afirma que professores se tornam irrelevantes quando ensinam o lado teórico do empreendedorismo sem direcionar a aprendizagem à solução de problemas específicos do empreendedorismo e sem encontrar soluções para problemas que os estudantes irão encontrar em suas carreiras. Gibb (2002) destaca a necessidade de desenvolver no aluno, por meio de técnicas e métodos ativos, a capacidade empreendedora no estudante. Esta capacidade empreendedora possibilita não apenas atuar no processo de criação de novos negócios, mas possibilita também trabalhar em empresas existentes, de forma a promover impactos. A capacidade empreendedora possibilita estabelecer novas trilhas para uma carreira empreendedora do futuro engenheiro.

Também nessas disciplinas, não é delineado de uma forma clara e precisa o campo do desenvolvimento das habilidades de gestão e habilidades empreendedora. São apresentados diferentes exemplos de sucesso, em que são vistos conteúdos simplificados como: conceitos básicos de empreendedorismo, análise de mercado, visão de marketing, estratégia de negócio, análise de oportunidades e elaboração de um pequeno plano de negócios, conteúdos esses que muitas vezes são desconhecidos pelos demais docentes dos cursos das engenharias.

O grande desafio às universidades brasileiras é incorporar o espírito empreendedor (VERZAT; BACHELE, 2006) aos docentes e também aos discentes dos cursos superiores e da pós-graduação. A noção de espírito empreendedor que se demarca no presente artigo consiste no conjunto de características básicas do ser humano necessárias para captar oportunidades, ter iniciativa de solucionar problemas e implementar soluções, com uma imagem mental diferente de gerentes e inventores (VERZAT; BACHELE, 2006).

O modelo para o desenvolvimento do espírito empreendedor nos estudantes de Engenharia proposto por Verzat e Bachele (2006) está articulado com dois componentes básicos: o desenvolvimento das projeções profissionais empreendedoras e o desenvolvimento das habilidades empreendedoras (atitudes empreendedoras, crenças empreendedoras e sentimentos de competências empreendedoras). Qualquer projeto pedagógico que se procure implantar direcionado ao empreendedorismo parte do pressuposto de que haverá a necessidade de efetuar a capacitação docente, pois é ele que deverá estar imbuído em realizar as mudanças necessárias na forma de ensinar.

A interdisciplinaridade é uma forma eficiente de se conseguir despertar o espírito empreendedor nos alunos dos cursos das Engenharias, essa ação pode

ser fomentada por meio de projetos a serem desenvolvidos em conjunto com outras disciplinas do mesmo período letivo assim como deve haver continuidade nos semestres subsequentes. Neste trabalho em conjunto com vários alunos e também com a interação de diferentes docentes, os alunos terão a oportunidade de desenvolverem diferentes habilidades, entre elas: desenvolver a liderança, a persuasão, o senso de oportunidade, o senso de responsabilidade, de trabalhar em equipes, entre outros (PARDINI; PAIM, 2001).

Se analisarmos os principais cursos de Engenharia nas tradicionais universidades brasileiras, em especial os cursos de Engenharia Elétrica/Eletrônica, verificaremos que as atuais matrizes curriculares não possuem um foco para a formação de empreendedores. O foco dos cursos é voltado para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias, como: projetar e analisar instalações, desenvolver máquinas e aparelhos diversos, desenvolver e aplicar *hardware* e *software* para uso específico, assim como aplicação de novos materiais para a indústria.

Apesar de possuírem grande capacidade técnica, os alunos das engenharias não estão sendo motivados para empreenderem suas próprias ideias, muitas vezes em função da forma como foi organizada a matriz curricular que não permite desenvolver tais atividades ou mesmo porque ainda as disciplinas são ministradas de forma isolada uma das outras, sem continuidade dos conteúdos aplicados a um projeto conclusivo.

2.2 As diferentes maneiras como as universidades desenvolvem o espírito empreendedor nos alunos de Engenharia

O Ensino Superior e as Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras passaram e estão passando por grandes transformações, e a forma como eram ministrados os cursos há 30 ou 40 anos era bem diferente. Pode se dizer que houve grandes transformações no processo de ensino/aprendizagem, muito em função da internacionalização dos processos, da globalização e também da mercantilização e massificação do ensino (CALDERON, 2015).

Ao afirmarmos que necessitamos formar engenheiros cada vez mais envolvidos com as questões sociais, éticas e mercadológicas, vemos que as universidades brasileiras são lentas e burocratizadas na hora de fazer mudanças significativas em seus currículos. Nunca os sistemas educativos conseguiram andar a par e no mesmo ritmo das transformações sociais. Há um descompasso entre o que se espera de um engenheiro profissional e o aprendizado que este realmente obtém durante os anos de sua formação (DWEK, 2008).

Assim, os currículos dos cursos de Engenharia devem acompanhar as diretrizes norteadoras nacionais para uma formação integral do engenheiro, deve ser observado o Artigo 5º, parágrafo 2º da resolução CNE/CES nº 11, do Conselho Nacional de Educação:

§ 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras. (BRASIL, 2002)

Para que tenhamos um engenheiro mais atuante e mais crítico em relação às necessidades do seu dia a dia, as universidades, por meio de seus colegiados de curso, possuem autonomia didática para promoverem atividades paralelas à matriz curricular obrigatória. Tais atividades ditas atividades extraclasse visam a orientar os alunos para o desenvolvimento de habilidades pessoais, como liderança, trabalho em grupo, planejamento de projetos, entre outros.

Essas atividades contribuem para a formação desse engenheiro, além de auxiliá-lo a ingressar mais facilmente no mercado de trabalho ou mesmo a tornar-se um empreendedor. Tais atividades visam a desenvolver seu lado crítico, ético e de responsabilidade com a sociedade.

Atualmente, dentro das IES, os cursos de Engenharia oferecem diferentes atividades extraclasse aos alunos, como: 1) Semana de cursos; 2) Seminários e palestras técnicas; 3) Empresas Junior; 4) Programa de Educação Tutorial; 5) Hotel Tecnológico e incubadoras de empresas. Cabe ao aluno ao longo de sua formação procurar interagir com diferentes grupos de trabalho a fim de complementar seus estudos em área específicas da engenharia.

2.2.1 As semanas de cursos

Organizadas pelos colegiados de cursos com apoio dos centros acadêmicos são consideradas como atividades extraclasse, os cursos de Engenharia promovem a semana de seus cursos voltados a enriquecer a formação acadêmica e também a promover a atualização do corpo docente. Este evento possibilita o contato direto dos alunos com especialistas de diferentes áreas ainda durante o período de graduação. Tal atividade é de fundamental importância para os alunos, principalmente nos primeiros períodos de sua graduação, haja vista que essas atividades poderão ser as responsáveis por despertar nos alunos a vocação por uma determinada área especializada, ou mesmo para empreender em determinados projetos.

2.2.2 Seminários e palestras técnicas

São atividades extraclasse programadas pelas faculdades das Engenharias, em que os alunos envolvidos em grupos de pesquisas científicas podem apresentar seus trabalhos em forma de seminários ou por meio de pôsteres durante um encontro local ou regional. Normalmente esses eventos são acompanhados por palestras de especialistas de renome nacional, que trazem informações atua-

lizadas de produtos e tecnologias que estão sendo utilizadas no momento. Essas atividades, além de serem um evento técnico/científico que possibilitam o aprendizado dos alunos, compõem uma oportunidade singular para que os estudantes possam exercer outras habilidades, como por exemplo a oratória, em que esses têm a oportunidade de se apresentarem em público.

2.2.3 Empresas Junior (EJ)

A Empresa Junior é uma atividade extraclasse que reúne alunos de diferentes períodos para atuarem juntos na solução de determinados problemas de Engenharia. É uma associação civil sem fins lucrativos, formada e gerida por alunos de um determinado curso superior, centrada nos objetivos educacionais, que procura estimular os alunos enquanto acadêmicos a se aproximarem do mercado de trabalho. Através da EJ, os alunos são incentivados a desenvolverem projetos, consultorias, protótipos de novos produtos, além de adquirirem conhecimento de como se desenvolve uma gestão de empresa, são aplicados conceitos de *marketing* e desenvolvidas pesquisas de mercado.

Desde que iniciou na França, em 1967, chegando ao Brasil por volta de 1988, a EJ procura desenvolver nos alunos o lado empreendedor, procurando gerar novas ideias e projetos inovadores, capazes de gerar grandes negócios no futuro. No ano de 2016 eram mais de 11 mil jovens espalhados por 280 universidades brasileiras, compondo mais de 1200 entidades reconhecidas como EJ. Fato esse que leva o Brasil a ser um dos líderes no *ranking* mundial na criação de empresas nesse segmento (DIAS; LANDEIRA; PATRIANI, 2015; XAVIER; COSTA, 2016).

É relevante o fato de que a EJ e as universidades se aproximaram das empresas; a troca de experiências, de conhecimentos é fundamental não só para os alunos, mas também para os docentes e empresários, que veem nesse movimento das EJ uma oportunidade para conhecerem novos talentos. Assim, mesmo durante o período de graduação os alunos podem já aperfeiçoarem seus conhecimentos. Por meio da EJ os alunos se aproximam do mercado e das empresas tomadoras de serviços, talvez, seja essa a diferença que tem levado e incentivado alunos a participarem de uma EJ.

2.2.4 Programa de Educação Tutorial (PET)

O Programa de Educação Tutorial (PET) é também uma outra atividade extraclasse, que tem como objetivo oportunizar aos alunos vivenciar experiências não presentes em estruturas curriculares convencionais e sob a supervisão de um professor tutor. O programa visa à formação integral do aluno, possibilitando a integração ao mercado profissional como também para o desenvolvimento de estudos em programas de pós-graduação.

O programa PET, além do apoio da universidade para seu funcionamento, conta também com o apoio financeiro do MEC/SESu, que possibilita conceder ao aluno uma bolsa de iniciação científica, que auxilia na manutenção de seus

estudos até a conclusão da sua graduação, concede também uma bolsa aos professores tutores para a orientação dos trabalhos por três anos, podendo ser prorrogável por iguais períodos, conforme parecer da Comissão de Avaliação do PET do MEC/SESu.(PET–UTFPR-CM, 2016; MEC-FNDE, 2013).

O PET propicia aos alunos condições para a realização de inúmeras atividades extracurriculares, relacionadas ao ensino, à pesquisa e à extensão, de maneira articulada e indissociável. Entre as diferentes atividades realizadas pelo PET estão: realização de debates, grupos de estudo, recitais, pesquisas, visitas técnicas, eventos, palestras, seminários e exposições de diversos temas, de acordo com o perfil do grupo e a respectiva área de conhecimento.

Atualmente, o Programa de Educação Tutorial conta com 842 grupos em 121 Instituições de Ensino Superior públicas e privadas de todo o país. As atividades são sempre sistematizadas de maneira a proporcionar ao aluno uma formação abrangente, que valorize o trabalho em grupo e interação dos alunos com o curso e a sociedade (MEC, 2017).

2.2.5 Hotel tecnológico e Incubadoras de Empresas

O Hotel Tecnológico (pré-incubadora) e as Incubadora Tecnológicas fazem parte também das atividades extracurriculares nas universidades, com a participação de alunos e docentes da graduação como também da pós-graduação, procuram desenvolver suas ideias em um ambiente apropriado para o desenvolvimento de projetos tecnológicos, visando à possibilidade de transformar essa ideia em negócios

O Hotel Tecnológico e as Incubadoras Tecnológicas estão ligadas normalmente às pró-reitorias de extensão, que disponibilizam ambientes físicos adequados a proporcionar todo o suporte necessário para que essas empresas possam chegar ao mercado, tornando-se assim um empreendimento de sucesso.

O processo de incubação de uma empresa ocorre basicamente em três grandes etapas: a primeira, que nada mais que uma pré-incubação, em que os alunos (participante de cada uma das empresas) permanecerão por um determinado período em estudo para amadurecimento de suas ideias, considera-se ainda que os alunos desconhecem os caminhos a serem percorridos para viabilizarem seus projetos e ainda necessitam aprender a empreender; já a segunda é considerada como a etapa de incubação em que os alunos, ao receberem todas as condições para desenvolverem seus produtos, são orientados a como viabilizar a colocação desses produtos no mercado, essa etapa pode ser mais longa, com períodos que se renovam a cada ano até o máximo de três anos de incubação; após três anos de trabalho, uma última etapa, a terceira etapa, a de graduação, em que o seu produto já disponível e aceito no mercado, a empresa então incubada já pode prosseguir sozinha.

2.3 A experiência da UTFPR em criar uma cultura empreendedora por meio do Programa de Empreendedorismo e Inovação – PROEM

A partir do ano de 1997, quando ainda era CEFET-PR, a instituição desenvolveu um espaço para incentivar alunos, ex-alunos, docentes e técnicos administrativos a desenvolverem projetos e empresas com ênfase em tecnologia e inovação (UTFPR, 2017).

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) criou o PROEM – Programa de Empreendedorismo e Inovação, que nada mais é que um mecanismo desenvolvido a partir da necessidade de aproximar o meio acadêmico e a atividade empresarial. No PROEM os acadêmicos dos diferentes cursos regulares oferecidos na UTFPR podem participar de editais para desenvolvimento de seus projetos. Sendo aprovados, poderão ser hospedados nas instalações do Hotel Tecnológico por um período de até dois anos, em que contará com apoio de uma infraestrutura física, além de treinamento na área gerencial (UTFPR, 2017).

Através do PROEM várias ações são desenvolvidas com o intuito de formar novos empreendedores. São disponibilizados aos alunos durante esse período as seguintes atividades: 1) disciplina de empreendedorismo nos cursos regulares; 2) cursos de curta duração na área de gestão; 3) *workshops* e seminários sobre empreendedorismo; 4) palestras e depoimentos de empresários; 5) feira das ideias para incentivar novos talentos.

2.4 Programa Educação Empreendedora do SEBRAE

O programa de Educação Empreendedora do SEBRAE é uma ação voltada a apoiar iniciativas de inserir o conteúdo de empreendedorismo nos cursos de graduação, de forma permanente, auxiliando nas práticas pedagógicas. O SEBRAE, por intermédio desse programa, oferece às Instituições de Ensino a capacitação aos docentes que irão desenvolver esse conteúdo, duas disciplinas são oferecidas além de auxiliar também na implementação de um programa de extensão em Empreendedorismo Social e outra de Impacto Social.

O programa Educação Empreendedora desenvolvido em todo Brasil, além de oferecer a capacitação aos docentes, também oferece palestras com empresários aos alunos sobre o tema com o intuito de despertar nestes o interesse para o empreendedorismo, englobando o empreendedorismo empresarial, corporativo e social.

Além dessa ação, outras ações complementam esse programa, como: editais públicos para oferta de diferentes cursos aos alunos universitários, um guia de boas práticas e uma outra ação denominada de Mentoria, em que o aluno pode conhecer as principais práticas e desafios da gestão para pequenos negócios (SEBRAE NACIONAL, 2017).

2.5 Considerações preliminares

Diferentes iniciativas estão sendo desenvolvidas dentro das universidades, como as descritas anteriormente, para desenvolver a cultura empreendedora, crítica e criativa nos alunos de Engenharia, entretanto os resultados ainda não atingiram um grau satisfatório capaz de mudar a realidade das empresas brasileiras.

Apoiar diferentes programas de educação empreendedora em que seja desenvolvido também o espírito de cooperação, sustentabilidade, ética, cidadania, valores esses básicos para uma sociedade mais justa, talvez seja este o grande salto para o crescimento de nosso país.

Observa-se também que as mudanças econômicas mundiais estão se sucedendo cada vez mais rapidamente, tornando-se imprevisíveis e ao mesmo tempo com pouco ou nenhuma estratégia a ser desenvolvida para enfrentá-las. Fomentar ações empreendedoras nos cursos de Engenharia vem de encontro com essas mudanças ocorridas nos últimos anos.

Não basta criar disciplinas de empreendedorismo isoladas e desconexas das demais disciplinas específicas dos cursos das Engenharias se essas não forem também a ênfase do curso. Observamos, hoje, que todo os esforços realizados pelos colegiados dos cursos das engenharias se encontram na utilização e no desenvolvimento de novas tecnologias. Embora o grande papel da universidade seja formar profissionais para atender às necessidades atuais e futuras do mercado em constantes mudanças, fazer o aluno empreender encontra-se distante da realidade atual.

Verificamos também que não basta incentivar a criação de programas voltados a despertar novos empreendedores, líderes e empresários entre os alunos se não houver uma articulação entre a proposta pedagógica dos cursos de Engenharia vigentes e a necessidade de criar uma cultura empreendedora aos novos engenheiros dentro das universidades.

A premissa indissociável do Ensino Superior deve ser perseguida, ou seja, ensino, pesquisa e extensão devem ser cumpridas rigorosamente por todos segmentos da universidade, com o foco na transformação de produtos e serviços. Porém, ao analisarmos o número de programas de mestrado e doutorado no Brasil e o elevado número de dissertações e teses defendidas, verificamos que ainda é baixo ou quase insignificante o número de patentes materializadas por essas pesquisas.

Constatamos a falta de articulação dos órgãos governamentais, dos colegiados de cursos e também das entidades empresariais em fomentar projetos de pesquisas tecnológicas que resultem em produtos e serviços inovadores para a sociedade.

Concluimos que o empreendedorismo ocorre de maneira aleatória entre os engenheiros, muito em função de suas habilidades individuais do que propria-

mente por ações realizadas durante seu curso acadêmico. A boa atuação profissional do engenheiro no mercado de trabalho tem despertado interesse em muitos profissionais de empreenderem em determinadas áreas técnicas, cujo conhecimento foi desenvolvido ao longo dos anos de atuação.

3. OS DESAFIOS PARA A FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS E EDUCADORES DIANTE DA ERA DA INOVAÇÃO E DO EMPREENDEDORISMO

Para refletir sobre as mudanças necessárias aos agentes, processos e ao conteúdo dos cursos de Engenharia, torna-se importante entender como estas podem afetar as relações do homem com seu trabalho e com o ambiente em que vive. É preciso conhecer como pode ocorrer a adaptação às transformações tecnológicas e sociais em curso. Embora possa existir uma sensação de alienação sobre a importância do ser humano diante do desenvolvimento tecnológico, talvez seja este o caminho a ser trilhado para a recuperação dos reais valores humanos.

O Humanismo Renascentista despertou em Florença, na Itália, no século XIV, como um movimento intelectual de valorização do homem, em que o antropocentrismo era a principal característica, em detrimento do teocentrismo medieval. Já no século XVIII, surgiu a ideia de civilização, em que o homem progride através das instituições sociais e políticas e do desenvolvimento das artes, das técnicas e dos ofícios. O período positivista inicia-se com Augusto Comte, no século XIX, para quem a humanidade chegava à ciência positiva, ponto final do progresso humano. Visto como um ser social, Comte propõe o estudo do homem através da sociologia, um estudo científico da sociedade. A concepção positivista não termina no século XIX com Comte, a sociologia positivista desenvolvida por Emile Durkheim afirma que o fato social deve ser tratado como uma coisa à qual são aplicados os procedimentos de análise e síntese criados pelas ciências naturais. No cenário atual verificam-se profundas transformações em progresso. Como principal motivador das mudanças sociais, políticas e econômicas pode-se considerar o avanço tecnológico sem precedentes (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2012). Com o advento da inteligência artificial, o “*big data*”, a internet das coisas e as máquinas que aprendem, pode-se prever que as relações entre humanos e destes com seus ambientes serão ainda intensamente modificadas (LEITE, 2017). Nesta análise, entre boas e duvidosas expectativas, existe o consenso de que os empregos vão continuar desaparecendo, a saúde deve passar para a prevenção e a educação deve ser dirigida essencialmente para a criação (SHOOK; KNICKREHM, 2017). Um fato observável é que, há algum tempo, postos de trabalho antes ocupados por humanos vêm sendo substituídos por máquinas, não necessariamente por humanoides, como desenhava a ficção, mas por programas de computadores que conseguem processar a informação, no entanto, sem a necessidade da manipulação. Assim, o mundo fica menos mecânico e se torna cada vez mais eletrônico (RIFKIN, 2017). São mudanças no trabalho, nas informações, nas relações comerciais e sociais, na educação e no papel do homem, que sai da condição

de ferramenta a serviço da produção e retoma o protagonismo da história. Neste cenário, máquinas, papéis e suas formas diversas não são mais imprescindíveis e vêm sendo substituídos por novos elementos virtuais. Aliás, a realidade virtual, as tecnologias vestíveis e a comunicação permanente diminuem a necessidade de se deslocar, reduzindo custos, otimizando o tempo e outros recursos (LOEBBECKEA; PICOTB, 2015). Novas descobertas referentes à biomedicina já tornam os tratamentos mais personalizados e a vida tende a ser mais longa e saudável (PINNAIRE; AZÉ; BRINGAY, 2017). No entanto, neste modelo aparentemente capitalista tecnológico, sem emprego, a questão pendente é: com que renda se compra a prosperidade, a saúde e o conforto? Como se faz a transição da realidade atual para a utopia humanista, sem passar pelo caos?

3.1 Novos desafios

No acelerado processo de migração da modalidade de emprego para atividades criativas, colaborativas e geniais, o trabalho do homem precisa acomodar uma nova formação multidisciplinar e exploratória que ainda o liberte para a inovação, o empreendedorismo é uma nova dimensão de vida (MANYIKA, 2017). Neste processo, professores e escolas, funcionários e patrões, empresas, governos, valores e modelos parecem se desfazer como se pudessem ser reiniciados, com um apertar de botão de “reset”. O uso de recursos, cada vez mais digitais, expõe uma economia ávida por inovação e incentivada por modelos de crescimento ditos exponenciais. Nestes modelos, estruturas tradicionais e suportadas pelos recursos materiais – como máquinas, terras, prédios e estoques – são substituídas pelo valor da informação e do conhecimento, pelo virtual e tecnológico, pelo escalável (POWELL; SNELLMAN, 2004).

Nesta nova proposta de negócios é importante que a inovação possa ser um motivador de crescimento acelerado, uma característica que atrai investidores que, historicamente, sempre buscaram lucro rápido e, preferencialmente, por meio de pouco trabalho. Estruturas virtuais são constituídas sobre organizações físicas que se transformam em negócios sujeitos a crescimentos rápidos, trazendo para a rede, preferencialmente pelos *smartphones*, o acesso aos produtos e serviços (BEEL *et al.*, 2013). Negócios que são extremamente valorizados pelo seu poder de expansão de renda com baixo custo de aquisição de novos clientes. Nesta época, a era da informação precisa suportar o negócio do conhecimento que conecta ou gera a demanda ligando o cliente à sua necessidade de produto ou serviço, porém, sem necessariamente a premissa da propriedade (BELK, 2014). De maneira inusitada, a colaboração e o compartilhamento determinam as formas pelas quais a humanidade, aparentemente, tenta conciliar o uso limitado dos recursos naturais com o explosivo crescimento populacional. Também a redução na geração de resíduos e o maior acesso às facilidades, antes restritas a poucos, parecem iluminar o horizonte escuro e consumista previsto também pela escola de Frankfurt (MEDEIROS, 2014). Neste caminho a tecnologia pode ser uma ferramenta importante, que reduz a necessidade de deslocamentos, o consumo de

energia e o desperdício de recursos, como o tempo por exemplo.

Por outro lado, o consumidor assume um papel preponderante, tornando-se o centro de todas as ações e até participando da elaboração dos produtos e serviços que vai consumir. Passa a ser um agente conivente com as inovações e, muitas vezes, copatrocinador destas por intermédios dos *crowdfundings*. Este novo consumidor “empoderado” pelas redes sociais é, assim, incluído nas modernas metodologias de desenvolvimento. A necessária flexibilidade de escolha requer uma capacidade de adequar e configurar os produtos e serviços das empresas às especificações do cliente exigente e mimado com o poder a ele conferido. O cenário capitalista do consumidor é suportado por uma indústria de quarta geração, repleta de robôs e sem a exploração de recursos humanos e naturais (LAWSON, 2005).

Apesar de imersa em tanta tecnologia e com a perspectiva de uma aceleração neste processo, nunca a humanidade foi tão dependente do intelecto humano; de fato, a era da inovação é alimentada pela sua criatividade (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2012). O exponencial processo de automação pode fornecer os subsídios necessários para que a espécie humana se torne autossuficiente. Neste cenário utópico e paradisíaco, as necessidades básicas não serão satisfeitas como fruto do trabalho diário do operário ou do agricultor, do seu pró-labore, de seu tempo, ou através da exploração de seus semelhantes, mas, ao contrário, elas poderão viver, talvez eternamente e onipresente, apenas para a criação (MORE, 2013). Esta perspectiva, suportada pelo desenvolvimento tecnológico, posiciona o ser humano no centro de todas as iniciativas, como sendo a causa, a razão e o fim de tudo. Talvez seja a primazia do retorno do humanismo em meio ao ápice do desenvolvimento científico e tecnológico.

Apesar dos indícios de prosperidade e das evidências do poder destas mudanças, ainda existem questões a serem respondidas que ofereçam uma transição segura para os modelos sociais e para as estruturas econômicas, com reflexos sobre o objetivo dos cursos, sobre as atribuições e responsabilidades de alunos, professores e gestores, também dos cursos de Engenharia. Um exemplo das distorções possíveis pode ser verificado na comparação entre o desenvolvimento dos salários *versus* a produtividade nos últimos anos. A produtividade das empresas cresceu substancialmente desde a década de 1970 e principalmente depois do 11 de setembro de 2001, mas o salário médio do trabalhador não acompanhou, isto ocorreu principalmente nos países desenvolvidos (DENAVAS-WALT; PROCTOR, 2015). No entanto, o crescimento dos salários teve comportamento diferente entre os mais altos e os demais, o que pode estar ocorrendo devido ao impacto das mudanças tecnológicas, atuando de maneira diferente nas camadas de trabalho e oferta de emprego. Diante da visão de que máquinas estejam fazendo o trabalho pesado, repetitivo e enfadonho com maior produtividade, é importante repensar a educação e o trabalho humano.

Vive-se o dilema de proteger o passado do futuro ou o futuro do passado. Ou seja, deve-se preservar os postos de trabalho para a atividade humana, ainda

que com menor produtividade, ou se desafiar a evolução da espécie diante da necessidade de se adaptar a um novo modelo social e econômico, com suas consequências na educação e no trabalho? (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2012). Entre as mudanças enfrentadas está a redução da necessidade do trabalho tradicional, que interferiu no compromisso entre trabalho e tempo livre e prejudicou a relação entre trabalho e salários. Outra influência da informatização é que ela está correndo a capacidade do mercado de formar preços. Isso ocorre porque a informação pressiona a relação entre oferta e demanda. Assim, o mecanismo de defesa das empresas é formar monopólios. Há quem defenda que os monopólios podem oferecer o benefício da diluição de custos, reduzindo os preços e democratizando o acesso aos produtos e serviços, como a empresa Google por exemplo. Nesta hipótese, os conhecidos malefícios dos oligopólios tornam-se reféns de um consumidor poderoso, capaz de se defender por meio da própria tecnologia, utilizando a força impiedosa das redes sociais (THIEL; MASTERS, 2014). Surpreendentemente, parece um socialismo fundamentado no capitalismo ou vice versa. Outro ponto importante das mudanças tecnológicas decorre do surgimento espontâneo da produção colaborativa: aparecem bens, serviços e organizações que não respondem mais aos ditames do mercado e da hierarquia gerencial. Muitos produtos e serviços são oferecidos por voluntários, gratuitamente, inviabilizando negócios tradicionais e conseqüentemente muitos empregos. Mais uma vez, uma mudança no pensamento sobre tecnologia, propriedade e trabalho torna-se necessária, em que novos modelos econômicos e governamentais precisam remunerar estruturas gratuitas que abrigam trabalhadores colaboradores.

Atualmente, no entanto, muitos países e mercados se reposicionam para enfrentar períodos com alta volatilidade, além de pressões econômicas e sociais, muitas decorrentes das mudanças tecnológicas e de seus impactos na produção, trabalho e sociedade. Como exemplo, só a crise de 2008 eliminou 13% da produção global e 20% do comércio global. As reações vieram por meio da austeridade e excesso monetário, mas eles não estão funcionando. Nos países mais atingidos, o sistema de pensões foi destruído, a idade de aposentadoria foi aumentada para 70 anos e a educação está sendo privatizada. Em adição, os salários reais caíram ou permaneceram estagnados como no Japão, na Zona Sul da Europa, nos EUA e no Reino Unido.

A situação é preocupante, já que a tecnologia, no centro desta onda de inovação, não exige a criação de maiores gastos de consumo ou o reemprego da mão de obra em novos postos de trabalho. Estamos cercados por máquinas inteligentes, mas por uma nova camada de realidade centrada na informação. Tudo está conectado e gerando informações para seus produtores e para a inteligência dos negócios.

Em modelos econômicos em que prevalece a informação, torna-se difícil encontrar o valor das coisas. A propriedade intelectual é avaliada por projeções em padrões de contabilidade modernos, que incluem benefícios não-econômicos e riscos, para que as empresas possam explicar a seus acionistas o valor de seus

dados. O conteúdo de conhecimento dos produtos está se tornando mais valioso do que as coisas físicas que são usadas para produzi-los. Mas é um valor medido como a utilidade, não o valor da troca ou do recurso. Em 1962, Kenneth Arrow disse que existe uma subutilização da informação em uma economia de mercado livre, em que o propósito de inventar coisas é criar direitos de propriedade intelectual. Em contrapartida, uma economia baseada na plena utilização da informação não poderá tolerar o livre mercado ou a propriedade intelectual. Ou seja, os bens de informação são livremente replicáveis. Uma coisa feita pode ser copiada indefinidamente (ARROW, 2015).

Pode-se então pensar que, em uma economia em que as máquinas fazem a maior parte do trabalho, a natureza do conhecimento deve ser social, o que reforça a ideia de uma renda básica para todos como forma de facilitar a migração dos modelos atuais para o pós-capitalismo. Em uma renda básica universal (UBI – *Universal Basic Income*), todos os cidadãos têm direito a uma quantidade incondicional de dinheiro em cima da renda que já geram por outros meios. Isso poderia estimular a produtividade, melhorar a saúde, aliviar a pobreza, reduzir o crime, aumentar a educação e finalmente melhorar a qualidade de vida (WIDERQUIST, 2017).

A migração do trabalho repetitivo para a criação sinaliza que muitos outros recursos e serviços semelhantes vão surgir nos próximos anos, principalmente nas áreas da saúde, educação, finanças, transporte e alimentação entre outras. Isso deve acelerar ainda mais as mudanças nas relações sociais e com o trabalho, realimentando as drásticas alterações nos processos produtivos, criando assim um ciclo de aceleração em que a criação, a produção e o meio ambiente tomam formas quase imprevisíveis.

O fato aparentemente incontestável é que a automação vai extinguir o trabalho repetitivo do homem rapidamente. Só este fato parece ser suficiente para que se pense em ações sociais importantes e urgentes, visando a uma transição menos traumática para um novo modelo econômico, político e social.

3.2 Novos currículos e profissionais

Neste cenário, parecem ser prioritárias as mudanças nos perfis de professores, pesquisadores e alunos. O que pode ocorrer por meio da introdução de novas metodologias como o Programa I-CORPS, projeto do governo dos Estados Unidos que oferece formação para empreendedores com o objetivo de incentivar a criação de *startups* a partir de pesquisas desenvolvidas em universidades. A I-Corps foi lançada pela *National Science Foundation* (NSF) em 2011, com o objetivo de acelerar *startups* de tecnologia. Em 2015, a Casa Branca incluiu o I-Corps em sua estratégia para a Inovação nos EUA e anunciou que o programa se espalharia da NSF para todas as principais agências de financiamento de pesquisa. A rede NSF I-Corps é composta por oito nós regionais e 67 sites. O programa, com ênfase na experimentação, foi desenvolvido por empreendedores e é ensinado

por empresários, incluindo Steve Blank (BLANK; DORF, 2012). O programa teve também destaque no *Harvard Business Review* e foi adotado pela Universidade George Washington. A FAPESP, com apoio da NSF, aderiu a essa metodologia e a introduziu em projetos estratégicos como o PIPE (Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas) e outros. Para os cursos de Engenharia, essas iniciativas podem facilitar o acesso das faculdades e institutos a currículos mais competitivos e ampliar assim uma experiência de aprendizagem real, prática e imersiva de como transformar as inovações em produtos e serviços de sucesso. Podem ainda influenciar nos currículos, nas pesquisas e na didática, ampliando a visão destes professores, cientistas e pesquisadores. Outro benefício importante decorre das futuras avaliações de projetos junto aos órgãos de fomento, que já valorizam a utilização dessas novas metodologias.

3.3 Considerações preliminares

A automação dos processos produtivos e dos serviços empurra o trabalhador para a criação e para o empreendedorismo. A adaptação torna-se necessária, modificando a formação de engenheiros por intermédio do uso de novas metodologias e ferramentas educacionais poderosas. Nestas mudanças, o graduando precisa assumir a responsabilidade por sua formação básica. Professores, muito mais valorizados, assumem o papel de consultores e investidores, capazes de elevar as chances de sucesso desses novos engenheiros inovadores e empreendedores. A perspectiva parece ser de melhoria na qualidade de aprendizagem e no sucesso de todos os envolvidos. Principalmente com a maior valorização do ser humano e sua melhor adaptação a este novo cenário, reforça-se a ideia de que o todo que dá significado à humanidade pressupõe mais do que a soma das características comuns da espécie. O que torna difícil se falar em prosperidade enquanto houver uma pessoa privada de seus direitos básicos à vida. Recuperar a dignidade da espécie humana é dar condições mínimas para todos, é respeitar a individualidade, a singularidade e a sustentabilidade de todo o ecossistema. Um olhar otimista pode enxergar nos fatos atuais uma razão para que empreendedores e cientistas continuem trabalhando, isso se o fruto do seu trabalho for acessível a todos, em prol do bem comum e da melhoria das condições de vida de todos. O que torna ainda mais importante o papel do engenheiro empreendedor, principalmente diante da quarta Revolução Industrial, da automação e das mudanças nos empregos tradicionais, assumindo o seu papel na tarefa de propor novas fronteiras para a atividade humana.

4. IMPLEMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO ABERTO DE BRASÍLIA

Os Laboratório Abertos (LA) são ambientes de aprendizagem no qual pessoas com diferentes perfis e habilidades se encontram para trabalhar de forma colaborativa, para o desenvolvimento de produtos, processos e negócios. Diferente do conceito tradicional de laboratório fechado para públicos específicos, gerenciados por exemplo por pesquisadores ou professores, os Laboratórios Abertos

são de “acesso livre”, com regras claras de uso, para qualquer pessoa usufruir dos equipamentos ou facilidades disponibilizadas para desenvolver suas ideias.

O conceito de LA se tornou conhecido a partir do surgimento dos laboratórios de fabricação digital – Fab Lab, que podem ser acadêmicos, profissionais ou públicos, afiliados a uma rede mundial originada no *Massachusetts Institute of Technology* - MIT (MIKHAK *et al.*, 2002, FAB LAB, 2016):

Fundado há dez anos, o Fab Lab Network vem se expandindo exponencialmente em todo o mundo . Tal crescimento se deve ao seu potencial de estímulo à inovação, ao empreendedorismo e à democratização do conhecimento. (QUINTELLA *et al.*, 2016, p. 1)

No contexto mundial, laboratórios abertos e também a *Rede TechShop*© nos EUA proporcionam infraestrutura e suporte tecnológico a micro e pequenas empresas, como o acesso a equipamentos, ferramentas, *softwares*, centro de aprendizagem e pessoal especializado para garantir que tenham uma experiência colaborativa e produtiva para transformar ideias em sucessos comerciais, fortalecendo assim os processos de inovação e a criação de novos postos de trabalho, a partir de despesas compartilhadas (TECHSHOP, 200?).

No Brasil, uma parceria do MCTI envolvendo o SENAI e o SEBRAE por meio do Projeto SIBRATECSHOP, em 2015, resultou uma proposta de implementação de LAs, com intuito de apoiar a sobrevivência das empresas nascentes, bem como promover o desenvolvimento da indústria e a geração de empregos no país. Foram inicialmente implementados 13 LAs, sendo somente dois em universidades federais (UFRGS e ITA) e o restante nas unidades do SENAI distribuídas no país. A possibilidade de implementação de uma unidade de LA na UnB foi promovida por uma parceria da FINATEC com o SENAI – Direção Nacional.

O objetivo deste trabalho é mostrar como as disciplinas de graduação podem ser integradas ao modelo que está sendo implementado na Universidade de Brasília. Um laboratório com *cases* reais de empresas nascentes que proverá situações-problemas para as disciplinas que se utilizam de abordagem por problemas/projetos (PBL), ressaltando a importância de ampliar a atuação da UnB no mapa de estímulo ao empreendedorismo no país por meio dos laboratórios abertos.

4.1 Educação Empreendedora

As ações nas IES direcionadas à Educação Empreendedora envolvem práticas como: disciplinas sobre empreendedorismo, disciplinas sobre inovação, empresa júnior, consultoria júnior, projeto de extensão com foco social, incubadoras de empresas, incubadoras de economia solidária, jogos de empresa e empresas simuladas.

A UnB conta com o Centro Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT), na incubação de empresas nascentes e com a escola de Empreendedorismo; a EM-

PREEND tem seu foco de atuação voltado, principalmente, para universitários e empreendedores. Essa escola tem realizado diversas atividades de forma a incentivá-los e a capacitá-los para a atividade empreendedora (MOREIRA *et al.*, 2011).

Contudo, percebe-se que ainda existem lacunas no ambiente da Faculdade de Tecnologia relacionadas à Educação Empreendedora relacionada a um espaço para estímulo de suporte à prototipação de produtos e negócios, capaz de oferecer o suporte em desenvolver uma concepção de produto/serviço comercial, tecnicamente viável direcionado ao mercado apropriado. Adicionalmente, observa-se uma aversão ao risco, inerente à criação de novos negócios.

A criação de um espaço para promover a iniciação do empreendedorismo tecnológico para criação de novos produtos, processos e negócios tem a pretensão de contribuir com o desenvolvimento regional e a geração de novos postos de trabalhos, mas que ao mesmo tempo seja capaz de contribuir para a formação do perfil do engenheiro que chegará ao mercado de trabalho.

Segundo Silveira (2005) o perfil de formação do engenheiro empreendedor requer que esse seja um solucionador de problemas e possua um espírito empreendedor. Para tanto, é necessário inserir o estudante em ambientes onde as atitudes desejadas sejam correntes, constantemente exigidas e exemplificadas. A abordagem PBL (*Project or Problem Based Learning*) possibilita a constituição desses ambientes.

A Faculdade de Tecnologia conta hoje com oito cursos de graduação em Engenharia: Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Engenharia de Redes, Engenharia Mecatrônica, Engenharia Florestal, Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Engenharia de Produção.

Destes, o curso de Engenharia de Produção da UnB, criado no âmbito do REUNI em 2009, tem como concepção metodológica a abordagem PBL (BALTHAZAR; SILVA, 2010). Há participação de empresas que atuam como agentes externos na apresentação de problemas reais para serem desenvolvidos pelos alunos. Uma dificuldade para a participação dos agentes externos (empresas) é a distância geográfica do Distrito Federal do setor produtivo.

Os demais cursos contam com metodologias ativas de ensino, seja por disciplinas integradoras que por vezes aplicam metodologia PBL (VIANA *et al.*, 2009), pelas equipes de competição ou ainda pelas empresas juniores, as quais têm buscado atender às demandas dos alunos por modelos orientados para ação em contextos reais, o aprender fazendo. No entanto, essas iniciativas ainda abrangem um número muito pequeno de estudantes ou ainda as equipes são formadas por alunos de um único curso de graduação, carecendo de equipes multidisciplinares.

A implementação de um Laboratório Aberto ampliará o uso das disciplinas integradoras com abordagem PBL e proporcionará uma maior aproximação dos estudantes de engenharia com os problemas reais das empresas nascentes e de suas cadeias produtivas no fornecimento de temas de projetos, sejam do curso de Engenharia de Produção ou dos demais cursos.

4.2 Modelo do Laboratório Aberto para integração de disciplinas

O foco deste trabalho consiste na integração de disciplinas com apoio de um Laboratório Aberto para permitir um perfil de formação do egresso voltado para o empreendedorismo e a inovação.

Projetos de Engenharia são, por natureza, ações executadas por equipes multidisciplinares, que se envolvem, geralmente, em contextos e problemáticas multidimensionais. As competências comportamentais requeridas são: capacidade de gerar soluções; capacidade de trabalhar em equipe; facilidade de comunicação e expressão; habilidade de negociação; capacidade de empreender; habilidades de liderança, construção de consenso. Tais condições podem ser obtidas por meio de formação sólida e metodologias apropriadas, apoiadas pela infraestrutura de um LA e banco de projetos e situações-problemas reais.

A configuração inicial do Laboratório Aberto de Brasília consiste em três espaços físicos: dois laboratórios de prototipagem (fabricação digital eletrônica e mecânica) e um espaço para reuniões e desenvolvimento. A parceria com o SENAI possibilitará estagiários para apoiar os projetos, auxílio no treinamento dos usuários, gestão dos espaços e constituição do banco de projetos.

O método de pesquisa para a Implementação do Laboratório Aberto é o método pesquisa-ação no qual pesquisadores e participantes (alunos de graduação e pós-graduação, técnicos administrativos e parceiros) estão envolvidos de forma cooperativa e participativa no processo.

A proposta metodológica do LA abrange três dimensões: gestão econômico-financeira, tecnológica e ensino-aprendizagem.

A dimensão gestão econômico-financeira envolve a definição do plano de negócio do Laboratório, a estrutura de governança, construção de uma rede de cooperação e a definição dos processos de operação. Para isso buscou-se levantar as melhores práticas já empregadas em outros laboratórios já implementados, por meio de visitas técnicas e reuniões.

No que envolve a dimensão tecnológica definiu-se que as tecnologias (máquinas e equipamentos) empregadas no Laboratório seriam as que não oferecessem riscos de acidentes de trabalhos aos usuários. Caso haja necessidade de outras tecnologias estas seriam acessadas por meio da rede de parceiros.

Para a dimensão ensino-aprendizagem foi definida a abordagem PBL, com a participação de professores e voluntários para mentorias das equipes. A aproximação com agentes da indústria objetiva melhor compreensão do mercado e o contato com mentores e especialistas o amadurecimento da visão dos negócios. Além disso, partiu-se da premissa de que todo aluno tem algo a ensinar a outro colega. Seja pela prática aprender fazendo ou mesmo pequenos cursos de treinamento do uso de uma ferramenta.

Para efetivar a integração de disciplinas, foi proposto com apoio do Conselho de Extensão da Faculdade de Tecnologia o Programa Laboratório Aberto, para o qual projetos de extensão devem ser inscritos por cada departamento, a

cada período letivo, com base nos temas disponíveis no banco de projetos do LA. As disciplinas de graduação envolvidas contribuirão para o desenvolvimento dos projetos por meio de uma disciplina integradora, de acordo com as metodologias PBL descritas em Viana *et al.* (2009) e Balthazar e Silva (2010).

Ressalta-se que as características desses projetos devem necessariamente abranger interdisciplinaridade (vários cursos), trabalho em equipes (mais de duas), atendimento às demandas sociais e ambientais.

Aprovadas as propostas de extensão por aquele Conselho, estas terão a duração de um semestre letivo ou 16 semanas. Os projetos nesta fase têm um caráter preliminar, com alguns detalhamentos e aqueles melhor avaliados receberão apoio para continuar em fase posterior.

Os projetos de extensão são coordenados por um professor com colaboração dos professores das disciplinas envolvidas. Todos os professores são responsáveis pela disciplina de integração e devem estar presentes nos eventos de avaliação.

Ao final de cada semestre os resultados das propostas devem ser avaliados pelos mentores, especialistas em ensino de projeto em Engenharia e pelos alunos de graduação. Os critérios iniciais de avaliação do LA, proposto são descritos na Tabela 1. Estes critérios foram baseados na implementação da abordagem de PBL (SANTOS *et al.* 2007) e no ensino metodologia de projeto em Engenharia (BASSETO, 2004).

Tabela 1 - Critérios de avaliação

Critério	Descrição
Escopo	A metodologia auxilia no processo de ensino/aprendizagem empreendedora (Novo produto/serviço com uma visão de negócio)
Exatidão	Os recursos (pessoas e infraestruturas) disponibilizados são suficientes para conduzir o processo de ensino/aprendizagem empreendedora
Profundidade	Os projetos desenvolvidos no LA possuem um detalhamento suficiente dos elementos para a entrega do projeto do produto e do plano de negócio.
Competência	A abordagem metodológica permite que os alunos considerem elementos de ensino – por que fazer, do como fazer, querer fazer, para quem e quanto custa – necessários à sua formação.
Trabalho em equipe	A metodologia permitiu uma maior interatividade da equipe de projeto.
Comunicação	A metodologia apresenta elementos suficientes para desenvolver a capacidade de comunicação dos alunos com o problema de projeto e com o ambiente de negócio.

Autonomia	A metodologia permite autonomia no sentido de que estudantes devem ficar livres para resolver o problema, tomando decisões e dedicando tempo não supervisionado a este.
Realismo	A metodologia permite que os projetos se assemelhem ao máximo a problemas do mundo real, possuindo características que dão aos alunos um sentimento de motivação para iniciar um novo negócio.
Investigação construtiva	A metodologia permite o desenvolvimento orientado a objetivos que envolve pesquisa, construção do novo conhecimento e solução.

Fonte: produzida pelos autores.

4.3 Considerações preliminares

O Laboratório Aberto de Brasília é resultado de uma parceria tripartite entre FINATEC, SENAI e UnB, com recursos do MCTI. Devido à quantidade de entidades envolvidas, a análise dos *stakeholders* se tornou fundamental, bem como o desenvolvimento de um plano de governança com papéis bem estabelecidos e clareza da tomada de decisão, de modo a possibilitar o seu uso eficiente.

O foco principal deste trabalho foram os alunos de graduação como clientes/usuários do Laboratório Aberto de Brasília, os quais participam, por meio de propostas de projetos de extensão, utilizando a abordagem PBL para o desenvolvimento dos projetos de Engenharia e envolvendo a integração de disciplinas de vários cursos, no âmbito de um programa de extensão. Os professores coordenadores dos projetos de extensão são colaboradores do Laboratório e facilitadores no processo.

Cabe observar que os alunos de graduação, com projetos individuais, como projetos de fim de curso e de iniciação científica, assim como alunos de pós-graduação também se beneficiam do laboratório, porém não são o escopo desta proposta, assim como usuários da comunidade, pessoas físicas ou jurídicas.

Lembrando que todos os usuários compartilham os mesmos espaços, espera-se motivar os estudantes a constituírem seu próprio negócio ou serem colaboradores de novas *startups*, promovendo um ambiente de estímulo à cooperação e integração de estudantes de diferentes formações, além do envolvimento com a comunidade de Brasília.

Por fim, atualmente o Laboratório Aberto de Brasília se encontra em implementação, os aspectos chaves para o sucesso identificados até o momento são a composição de uma equipe multidisciplinar, contendo membros com visão de negócio e técnica, além de apoio técnico para mentoria. Uma parte dos resultados é creditada a habilidades individuais, criatividade, proatividade e motivação pessoal para empreender, sendo que a maior parte depende do planejamento, sistematização e trabalho em equipe, envolvendo todas as partes interessadas, ou seja, passa pela gestão do Laboratório Aberto.

5. DO EMPREENDER NECESSÁRIO À NECESSIDADE DE FORMAR PARA EMPREENDER

Com o crescente desenvolvimento de tecnologias e processos automatizados, o modelo socioeconômico baseado em capital e trabalho vem sendo alterado junto ao seu ponto de equilíbrio: cada vez menos existem oportunidades para trabalhadores não qualificados, pois as atividades mecânico/repetitivas já não necessitam de mão de obra humana. As oportunidades de emprego tornam-se cada vez mais raras e seletivas. Disso decorre a necessidade dos sistemas educacionais em geral, e dos cursos de Engenharia em particular, adaptarem seus Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) de forma a preparar seus estudantes para uma nova realidade profissional que, embora ainda não esteja perfeitamente delimitada, indica que as chances de atuar como empregado serão cada vez mais raras, devendo os indivíduos buscarem de forma autônoma as suas oportunidades.

Mais do que adaptar os PPCs a essa realidade, acrescentando estratégias para fomentar as atitudes necessárias para o sucesso na carreira, faz-se necessária a adoção de práticas e atividades voltadas para tal; nem sempre existem evidências objetivas sobre a forma como o desenvolvimento de atitudes é trabalhado. Isso porque, embora relacionados ao domínio cognitivo, os objetivos de curso relacionados às atitudes devem ser estabelecidos dentro do domínio afetivo e:

embora todos os três domínios (cognitivo, afetivo e psicomotor) tenham sido amplamente discutidos e divulgados, em momentos diferentes e por pesquisadores diferentes, o domínio cognitivo é o mais conhecido e utilizado. Muitos educadores se apoiam nos pressupostos teóricos desse domínio para definirem, em seus planejamentos educacionais, objetivos, estratégias e sistemas de avaliação (BELHOT, 2010).

Agrava essa situação o fato de que os métodos de ensino fundamentados no comportamentalismo (Cf. SKINNER, 2005) são muitas vezes descartados de qualquer ambiente educacional, pois quando são utilizados de forma inadequada no domínio cognitivo resultam em aprendizagem mecânica e não significativa. Sistemas educacionais fundamentados em métodos cognitivistas estimulam o pensamento crítico e reflexivo, fatores essenciais na formação dos engenheiros. Por outro lado, a concentração de objetivos educacionais no domínio cognitivo poderá estimular um comportamento introspectivo e individualista, que nem sempre é adequado quando se deseja formar líderes empreendedores.

Um dos grandes desafios no desenvolvimento de uma atitude empreendedora é estabelecer uma distribuição adequada de atividades que proporcionem o desenvolvimento cognitivo simultaneamente ao desenvolvimento de uma atitude

empreendedora. Isto porque não seria adequado estimular o empreendedorismo para estudantes que não tenham conhecimentos sobre a área do empreendimento, pois isso poderia estimular uma prática com relevante probabilidade de insucesso. Enquanto educadores, também não nos parece adequado trabalhar com objetivos educacionais que estimulem apenas a aquisição do conhecimento, sem que seja desenvolvida uma atitude voltada para a aplicação do conhecimento em melhorias da sociedade e dos indivíduos.

Neste artigo são apresentadas algumas alternativas desenvolvidas na Escola de Engenharia da UFRGS, que tem por objetivo desenvolver uma atitude empreendedora. Ao mesmo tempo, são relatados casos de empreendimentos bem-sucedidos de egressos e, ao final, propõe-se algumas ações que, a partir de um ambiente universitário não intencionalmente preparado para fomentar a atitude empreendedora, possa fazê-lo de forma mais eficaz e orientada para o sucesso dos seus egressos.

5.1 Atitude empreendedora de estudantes de Engenharia: relato de situações

Nesta seção serão relatadas algumas práticas utilizadas no curso de Engenharia Elétrica da UFRGS com o objetivo de estimular o empreendedorismo.

5.1.1 Como melhorar o curso?

Um dos desafios no estímulo do empreendedorismo é conciliar a carga de trabalho exigida pelas disciplinas com a carga adicional necessária para o desenvolvimento de uma atitude empreendedora. Especialmente na primeira metade do curso, a proposição de desafios técnicos para estudantes que ainda não possuam uma base conceitual consistente poderia estimular a busca de soluções empíricas, afastando-os das boas práticas de aquisição de conhecimento. Por outro lado, mesmo os ingressantes possuem uma larga experiência como aprendizes, que pode ser explorada através da proposição de desafios empreendedores relacionados a implementação de soluções inovadoras voltadas ao aprendizado e melhorias do curso.

5.1.2 Comissão de boas vindas

Em um curso bastante exigente, no qual a chave para o sucesso é a dedicação aos estudos, muitos ingressantes apresentam dificuldades de adaptação. Ao fomentar iniciativas dos próprios estudantes para realizar o acolhimento de seus calouros, dá-se espaço para o exercício prático de algumas competências essenciais ao empreendedor, tais como: liderança, responsabilidade social e as relações humanas. Além do desenvolvimento dessas competências empreendedoras, essa abordagem contribui para o processo de adaptação do novo estudante, potencializando a redução de índices de evasão.

5.1.3 Semana Acadêmica

A Semana Acadêmica é uma atividade que faz parte do Calendário Acadêmico da Universidade e ocorre semestralmente. Nela são desenvolvidas atividades extracurriculares. Sua organização é realizada por alunos, que devem administrar o evento desde a sua concepção até a efetiva realização.

5.1.4 Competições acadêmicas

Essas competições são voltadas para estudantes que já possuem uma base conceitual intermediária. As competições tais como desafios de robôs, construção de pontes de espaguete e outras estimulam a criatividade, o empreendedorismo e a capacidade de enfrentar desafios trabalhando em equipe.

5.2 Empreendimentos bem-sucedidos de egressos: relatos de situações

Nos últimos 40 anos, a indústria eletroeletrônica brasileira se estabeleceu e se consolidou. Muitos dos empreendimentos, que ajudaram a construir a reputação e a relevância da indústria eletroeletrônica brasileira em nível mundial, foram gestados e criados por egressos do curso de Engenharia Elétrica da UFRGS. Na sequência, são listados em ordem alfabética alguns deles:

ALTUS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO S.A.

Empresa multinacional do setor de automação industrial, fabricante de CLP's e de outros equipamentos usados no controle de processos. A Altus tem subsidiárias na Alemanha, EUA e Argentina. Fundada em 1987, possui em torno de 200 funcionários.

DIGITEL COMUNICAÇÃO DE DADOS

Empresa do setor de comunicação de dados. A linha de soluções Digitel inclui sistemas de gerenciamento de redes e serviços de instalação, manutenção e treinamento. Pioneira na construção de *modems* no Brasil, foi fundada em 1978 e possui, atualmente, em torno de 100 funcionários.

HT MICRON SEMICONDUTORES S.A.

Empresa do setor de construção de dispositivos semicondutores, fundada em 2009. Em julho de 2011 deu início à produção local de semicondutores no Brasil. Fundada em 2009, a empresa é de alta tecnologia e possui em torno de 50 funcionários.

NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA

A empresa iniciou suas atividades dedicando-se ao desenvolvimento, fabricação e comercialização de instrumentos eletrônicos de medição e controle, com aplicações em laboratórios e indústrias. Em 2010, ex-

portou 40% de sua produção para mais de 50 países. Fundada em 1982 com o nome E.C.I. Equipamentos Científicos e Industriais Ltda., possui em torno de 200 funcionários.

PARKS S/A COMUNICAÇÕES DIGITAIS

A empresa atua no segmento de comunicação de dados, desenvolve e produz equipamentos eletrônicos tais como: *modems*, multiplexadores, roteadores. Fundada em 1966, possui em torno de 200 funcionários.

REIVAX AUTOMAÇÃO E CONTROLE

Empresa especializada no fornecimento de soluções em sistemas para o controle e supervisão da geração de energia elétrica. Tem sedes em Florianópolis (SC, Brasil), Montreal (QC, Canada) e Baden (Argóvia, Suíça) e atua nos cinco continentes. Fundada em 1982, possui 235 funcionários.

5.3 Diretrizes para a formação de engenheiro-empresendedor

Grande parte das competências historicamente trabalhadas em Escolas de Engenharia, tais como a capacidade de resolver problemas com o auxílio de modelos matemáticos, são competências inerentes à profissão de engenheiro. Por outro lado, outras competências vão necessitar de maior atenção durante o ciclo formativo, não apenas no domínio cognitivo, mas também e, principalmente, no domínio das atitudes: o engenheiro deve estar preparado para lidar com a velocidade de mudanças, o que significa enfatizar atividades educacionais que desenvolvam uma atitude autônoma de constante atualização profissional. A evolução dos processos de automação tende a restringir as oportunidades de emprego e, cada vez mais, os estudantes de engenharia devem estar preparados para buscar autonomamente a sua trajetória profissional, por meio da identificação de oportunidades inovadoras e do empreendedorismo.

A transição de um modelo de Escola de Engenharia fortemente centrado no domínio cognitivo para uma nova estrutura na qual, sem perda de qualidade técnica, desenvolvam-se atitudes autônomas e se estimule a inovação e o empreendedorismo é necessária.

Esse aspecto já era apontado no Relatório do Inova Engenharia (2006), baseado em pesquisa de opinião junto mais de uma centena de representantes de médias e grandes indústrias brasileiras. Os engenheiros formados no país, embora tendo uma boa capacitação técnica, demonstram dificuldades em atitude empreendedora e na capacidade de gestão, de comunicação, de liderança e para o trabalho em equipes multidisciplinares. Apesar de o Relatório ter mais de uma década, essas dificuldades apontadas continuam presentes e essas habilidades continuam sendo as mais demandadas pelo mercado. No entanto, essa transição de modelo pedagógico, apesar de necessária, deve ser um processo planejado. Há que se propor um plano de transição no qual o estudante evolua gradualmen-

te: (a) do paradigma “aprender com o professor” para o paradigma “aprender sozinho”; (b) do paradigma “realizar tarefas” para o paradigma “identificar oportunidades”; (c) do paradigma “candidatar-se a um emprego” para o paradigma “empreender”. A inclusão nos PPCs de atividades voltadas ao desenvolvimento de atitudes deverá levar em consideração a necessária consistência entre os desafios propostos e a situação do estudante em termos de motivação e de conhecimento (CANTO; SUSIN, 2006).

5.4 Considerações preliminares

Ao longo da história da humanidade, a Engenharia tem sido responsável por diversas mudanças socioeconômicas, mas nas últimas décadas essas mudanças têm ocorrido numa velocidade sem precedentes, gerando incertezas sobre o perfil que as instituições de ensino de Engenharia devem delinear para que seus futuros egressos estejam preparados para uma realidade profissional significativamente diferente da atual.

As incipientes experiências relatadas neste artigo são ainda muito recentes para que se possam aferir resultados práticos; por outro lado o grande número de empresas de sucesso fundadas por ex-alunos do curso de Engenharia Elétrica da UFRGS são um indicativo de que os métodos historicamente adotados possuem algum mérito, mesmo que sua concepção não tenha sido votada para o desenvolvimento de uma atitude empreendedora.

Dessa forma, partindo da constatação de que já existe no âmbito universitário uma ação empreendedora por parte dos estudantes que é individual e intuitiva, fomentar a capacitação dos estudantes de Engenharia para o empreender apresenta-se como imperativo, não só para o sucesso do empreendimento que o próprio curso representa, mas também como opção futura de inserção desses futuros engenheiros no mercado do trabalho com capacidade de exercer o papel de agentes autônomos e qualificados de transformação econômica e social.

6. PROJETO E METODOLOGIAS ATIVAS PARA UMA EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA NAS DISCIPLINAS ASSOCIADAS À PROGRAMAÇÃO NO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Este trabalho se apoia nas experiências de coordenação das disciplinas Introdução à Computação (ofertada pela quinta vez, desde 2015) e Introdução à Ciência de Dados (ofertada pela segunda vez, desde 2016) no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Alagoas, com ênfase no que se praticou quando se estabeleceu a linguagem Python como base de aplicações. As diferentes abordagens foram estimuladas, especialmente pelo que se aprendeu a partir da participação nos Cobenges 2015 e 2016 e no CBIE 2015, além da interação com professor do Instituto de Computação. Apresentaremos, na sequência, a abordagem que utilizávamos e o que consideramos para modifi-

cações de proposta de ensino-aprendizagem.

Até 2015, a disciplina de Introdução à Computação para estudantes de Engenharia Ambiental e Sanitária se apoiava em aulas expositivas, estímulo ao estudo pelo livro de referência e à resolução de listas de exercícios disponibilizadas no sítio eletrônico do professor.

Dos alunos que entravam no curso, iniciado em 2005, no qual a disciplina é ofertada no primeiro período, cerca de 25% o escolhiam como primeira opção no Sistema de Seleção Unificado. Provavelmente, o fato de não ser o curso da escolha de cada estudante resultava em desinteresse dos estudantes, os quais normalmente não têm maior contato com disciplinas do ciclo profissionalizante até o terço final do curso, sendo que as disciplinas do ciclo básico se limitam à exploração de conteúdos.

Ainda, a oferta de opções de entretenimento *on-line*, incluindo séries e redes sociais, apresentava-se também como desafio para atração do interesse ao estudo da disciplina. Na prática, em sala, percebia-se baixa participação, especialmente, limitada contribuição a partir de conteúdos não sugeridos pelo professor, e, fora dela, pouco interesse por desenvolvimento de pesquisas com aplicação de computação.

Alternativamente ao que se estimula ao longo da formação de um pesquisador, que assume o cargo de professor em instituições de ensino superior, as experiências em educação revelavam que:

- a abordagem expositiva apresenta pior desempenho em cursos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática do que métodos ativos (FREEMAN *et al.*, 2014), como aprendizagem baseada em problemas (PBL), aprendizagem baseada em projetos (PjBL), sala de aula invertida;
- embora a disciplina por si tenha diferencial na formação de competências (WING, 2006), percebia-se a necessidade de desenvolver outras competências essenciais para a Engenharia. Por exemplo, desenvolvimento de atividades em grupo era prática comum em várias disciplinas, infelizmente a partir da divisão de tarefas ou mesmo como fruto da dedicação de um dos componentes. De outra forma, o desenvolvimento de projeto em equipe (PIMMEL, 2003) oportuniza o desenvolvimento de habilidades para relações interpessoais e gerenciamento de projeto;
- considerar deficiências de aprendizagem de cada estudante no desenvolvimento de um método de ensino centrado no aluno resultaria maior eficiência de ensino, o que seria possível a partir de recursos educacionais a distância, configurando ensino híbrido (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012);
- aprender deve ser prazeroso, como são as opções de entretenimento usualmente escolhidas (*Game-based learning*);
- a experimentação da prática de trabalho a partir de problemas reais de-

veria ser estimulada, como a colaboração na comunidade web estimula a busca por inovação (SENGES; BROWN; RHEINGOLD, 2008).

Em outra abordagem, procurou-se empreender uma proposta de educação que enfocasse:

- empreender para aprender (aprender a aprender);
- empreender para adotar uma postura adulta;
- empreender para desenvolver projeto (PjBL);
- empreender para desenvolver pesquisa.

Alguns desses objetivos têm sido buscados desde o semestre letivo 2015.1, inicialmente a partir de problemas, ensino híbrido e gamificação. Na sequência (2016.2), intensificou-se o ensino híbrido e se inseriu a aprendizagem baseada em projetos de programas computacionais que resolvessem algum problema real e a sala de aula invertida, sendo essa última e a abordagem de aprendizagem baseada em problemas também na disciplina de Introdução à Ciência de Dados. Por fim (2017.1), modificamos os projetos para que discentes solucionassem problemas reais de gestão de dados por empresas e órgãos que atuam na área de Engenharia Ambiental e Sanitária, na disciplina de Introdução à Computação, e inserimos aprendizagem baseada em projetos de programas que colem, limpem, armazenem e apresentem visualizações de dados, por meio de colaboração com pesquisadores, na disciplina de Introdução à Ciência de Dados. Neste estudo, apresentamos, como proposta de método, o que temos aplicado na condução de ambas as disciplinas e os resultados obtidos nesta e em aplicações anteriores.

6.1 Metodologia

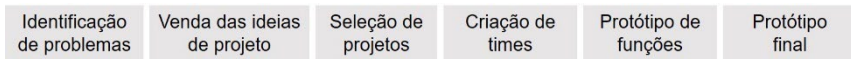
Esta é uma proposta de método que estimula uma Educação Empreendedora, aplicado às disciplinas de Introdução à Computação e Introdução à Ciência dos Dados.

6.1.1 Métodos comuns entre as duas disciplinas

A abordagem em ambas as disciplinas conta com conteúdo teórico base e aprendizagem baseada em projetos.

O conteúdo teórico é apresentado seguindo os conceitos de sala de aula invertida. O professor disponibiliza um material de referência sob forma de tutorial em seu sítio eletrônico (<http://ctec.ufal.br/professor/cfs>), além de diversas referências, como livros e tutoriais na internet. Nesse procedimento, os alunos são responsáveis pela obtenção do conhecimento e devem estudar o material indicado com antecedência às aulas.

A realização de projetos constitui-se das seguintes etapas:



Inicialmente, são apresentados alguns projetos realizados com o conteúdo da disciplina de forma a provocar os alunos para que eles busquem possíveis problemas ou processos que possam ser otimizados com algum projeto utilizando programação.

Cada aluno voluntário apresenta suas propostas de problemas e como solucioná-los com o uso de programação. Os melhores projetos são votados pelos próprios alunos.

Feito isso, os projetos mais votados são selecionados e os discentes distribuídos em grupos obedecendo à finalidade e à vontade dos alunos em participar de cada projeto.

Com os grupos definidos, inicia-se o processo de formação de times. Neste processo, os alunos são estimulados a utilizar a plataforma de compartilhamento de códigos *GitHub*. Esta ferramenta permite controle de versão de código, facilita a gestão do projeto de cada time e permite o acompanhamento da contribuição de cada membro no projeto.

Os alunos organizam suas ideias e pensam em um *layout* final do projeto, identificando as prováveis solicitações dos usuários e as respostas associadas. Assim, eles apresentam suas ideias, com o objetivo de “vender” o projeto.

Na etapa de apresentação do protótipo de funções, os estudantes devem identificar as etapas de desenvolvimento de seus projetos, delineando os processos envolvidos quanto à quantidade, dificuldade e dependências.

Finalmente, ocorre a apresentação dos projetos finais. Nesta etapa, cada time mostra seus resultados, aponta suas dificuldades e desafios. Os trabalhos são testados pelo professor e monitores, comparando promessas iniciais com resultados finais, verificando a funcionalidade do projeto a partir de casos de testes.

6.1.2 Métodos específicos para Introdução à Computação

Na disciplina de Introdução à Computação, a metodologia de ensino também conta com o ensino híbrido, o estímulo ao pensamento computacional, ao empreendimento para desenvolver projeto e à ampliação da percepção de atuação do engenheiro ambiental e sanitário.

A resolução de problemas para fixação dos assuntos se dá a partir de questionários utilizando a plataforma *The Huxley* (PAES *et al.*, 2013), que atualmente conta com 906 problemas com casos de teste que permitem avaliar automaticamente o programa submetido pelo aluno. Os questionários são criados pelo professor e monitores e podem ser atribuídas notas diferentes a cada questão. A plataforma conta ainda com a descrição de pontuações obtidas, que permite

uma classificação entre os alunos da disciplina, criando um clima de jogo e competição.

Como suporte à sala de aula invertida, foi apresentado aos alunos um sítio eletrônico de suporte ao estudo, *Python Tutor* (GUO, 2013), ferramenta utilizada para depuração de código, facilitando assim o entendimento de como a máquina interpreta os programas passo a passo, de forma a facilitar o entendimento da interpretação do código pelo compilador.

As propostas de problemas utilizados nos projetos dessa disciplina são obtidas a partir de conversas com empresas ou órgãos públicos, de modo a estreitar relações com o mercado de trabalho, além de ampliar o conhecimento sobre a atuação do engenheiro.

6.1.3 Métodos específicos para Introdução à Ciência dos Dados

Na disciplina de Introdução à Ciência dos Dados, a metodologia de ensino também conta com o estímulo ao empreendimento para desenvolver pesquisa.

As propostas de problemas utilizados nos projetos dessa disciplina são obtidas a partir de conversas com pesquisadores, a fim de identificar problemas que demandam grande processamento de dados e propor análises preliminares.

6.2 Considerações preliminares

A percepção de resultados de uma abordagem de Educação Empreendedora será apresentada em função da inserção de cada técnica na condução das disciplinas de Introdução à Computação e Introdução à Ciência de Dados do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFAL.

A introdução de ferramentas computacionais para estudo, acompanhamento e estímulo por meio de problemas e gamificação, em substituição à disposição de listas de exercícios no sítio eletrônico do professor, resultou em dificuldades operacionais pelos estudantes, especialmente nos primeiros assuntos, até que houvesse a disponibilização de um guia para configurar como o comando de inserção de dados deveria ser descrito. Percebeu-se que a maioria dos estudantes respondia às listas virtuais de exercícios mais perto do prazo de entrega e que a apresentação de pontuação associada à quantidade e à dificuldade das questões na ferramenta computacional serviu para estimular a resolução de exercícios para além do que foi proposto. Cabe salientar que a turma continuou a competição mesmo no período de greve da universidade e que competições aconteceram nas duas turmas com novos alunos nas disciplinas (nos semestres pares, cursam somente alunos que não tiveram êxito no semestre ímpar), chegando a ter discentes da turma atual adiantando o assunto para resolver mais questões que seus pares. No período, maior dinamismo (participação) nas aulas resultou da percepção pelo professor de deficiências em relação à resolução de questões e proposição de resolução em sala com colaboração de colegas e professor de questões que auxiliassem o raciocínio das questões problemáticas.

A abordagem baseada em projetos para solução de problemas reais intensi-

ficou o interesse de estudo de estudantes de tal modo que foram propostos doze projetos por doze alunos (um dos quais não propôs e outro propôs dois projetos) na turma anterior, sendo que alguns desses nem chegaram a falar em sala no semestre anterior. Na prática, a vontade de propor um projeto para solução de um problema caro à realidade dos estudantes os fez empreender e abandonar uma postura passiva para se expor perante os colegas e o professor. Percebeu-se um diferencial de interesse em estudar para conseguir finalizar o projeto, inclusive empreendendo no estudo de ferramentas não propostas na disciplina, que só poderiam ser aprendidas de forma autônoma (aprender a aprender). No entanto, a dificuldade de aprendizagem dos últimos conteúdos da disciplina ou mesmo a necessidade de desenvolver projetos reais pode não ter contribuído para a aplicação da sala de aula invertida, em função do atraso dos estudos à medida que as semanas se passavam, bem como da percepção de diminuição de questões resolvidas em listas de exercícios. Para diminuir o risco da aprovação de estudantes que finalizassem projetos sem aprender conteúdos essenciais, sugere-se não limitar avaliações de aprendizagem aos projetos, mas incluir métodos complementares que avaliem o aprendizado de cada conteúdo.

A modificação da abordagem baseada em projetos para a solução de problemas reais de profissionais da Engenharia Ambiental e Sanitária levou à necessidade de se empreender para adotar uma postura adulta (LYTHCOTT-HAIMS, 2015) e conseguir negociar com profissionais a identificação de projetos possíveis. Uma semana após a apresentação da proposta pelo professor, estudantes apontaram em conversas individuais com o professor terem desenvolvido contato com profissionais de órgãos públicos municipais de gestão de meio ambiente, de operação de serviços de saneamento e empresas de consultoria, tendo o contato desenvolvido oportunidade para acompanhar a rotina de trabalho de uma secretaria municipal de meio ambiente para um dos alunos. Com um mês de aulas, foram apresentadas nove propostas de projetos associadas a atividades cotidianas de empresas e órgãos públicos (Quadro 1), sendo sugerido pelo professor o desmembramento de uma delas em duas, resultando dez propostas de projeto de aplicação computacional. Também na turma, uma discente revelou ser grande desafio falar em público e buscar a interação e negociar uma proposta de tema para desenvolver projeto, o que foi vencido com a participação de colegas de turma na abordagem aos profissionais.

Quadro 1 - Propostas de projeto desenvolvidas pelos estudantes junto a órgãos e empresas na turma 2017:1 de Introdução à Computação, de Engenharia Ambiental e Sanitária

Empresa/órgão	Proposta (Gestão de ...)
SEMARH/AL	Outorga de recursos hídricos
Cooplum	Produção de material reciclado
SLUM/ Maceió	Denúncias
SAAE/Penedo	Qualidade de água

CASAL	Cadastro de imóveis
Qualitec	Clientes
CASAL	Contratos de terceirizadas
Teia Serviços Ambientais	Licenças ambientais
SMDS/Maceió	Licenças ambientais
CASAL	Manutenção de carros

Fonte: produzido pelos autores.

Para o caso da disciplina de Introdução à Ciência de Dados, a proposta inicial de sugestão pelo aluno de pesquisa, que aplicasse as técnicas a serem trabalhadas na disciplina resultou dificuldade de identificação do que seria estudo de relevância e quais dados deveriam ser trabalhados, provavelmente como efeito de mal aproveitamento da disciplina de Metodologia Científica ou mesmo do esquecimento do que nesta se aprendeu. Após alguma interação com docentes, percebeu-se certa dificuldade para alguns professores, que foram procurados pelos alunos para apresentarem proposta com potencial de publicação de análises de dados oriundos de seus experimentos locais, segundo os próprios pesquisadores. No entanto, coloca-se grande expectativa pelos discentes quanto a como será empreender uma proposta junto a um pesquisador para permitir experimentar o desenvolvimento de uma pesquisa científica.

7. PROJETO PEDAGÓGICO DE ENGENHARIA EM UM EIXO DE ARTICULAÇÃO DE EMPREENDEDORISMO: UM RELATO DE CONSOLIDAÇÃO EM FEIRAS DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO

A organização curricular de um curso configura-se como um sistema que mantém os diferentes elementos que o constituem numa articulação, afastando-se da tendência de estabelecer a concepção curricular da formação a partir da distribuição de disciplina na matriz curricular. Conforme prescrito no Projeto Político Pedagógico (PPP) da graduação da Universidade Regional de Blumenau – FURB, o conceito de currículo prevê um “[...] conjunto articulado de ações do ensinar, aprender e do avaliar com intencionalidade política e pedagógica, visando à constituição do sujeito por meio de aprendizagens diversas” (FURB, 2006, p. 14).

O Projeto Pedagógico de graduação da FURB propõe a organização curricular em forma de três diferentes eixos: o eixo geral objetiva promover a compreensão sobre o significado da educação de nível superior e a interação de acadêmicos e docentes das diferentes áreas do conhecimento, por meio de vivências nos espaços da Universidade.

Já o eixo de articulação vem definido no PPP da graduação nos seguintes termos: constitui-se de espaços comuns e integrados de estudos em torno de temáticas ou disciplinas apontadas por meio de demandas das áreas de conheci-

mento da Universidade. Além disso, objetiva ampliar e aprofundar as discussões dos aspectos destacados no eixo geral, com foco na área de conhecimento. Além disso, deve promover atividades interdisciplinares visando à articulação dos cursos em torno de projetos comuns de ensino, pesquisa e extensão, que neste contexto de análise inserem-se as Feiras de Empreendedorismo e Inovação dos cursos do CCT/FURB (FURB, 2006, p. 32).

E o eixo específico tem como objetivo atender às necessidades do perfil do egresso pretendido, atuando na formação do conhecimento exigido nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia, definidas pelo MEC. Ela será desenvolvida por meio de disciplinas contidas na matriz curricular e atividades complementares (AACC's).

7.1 O Eixo de Articulação no Centro de Ciências Tecnológicas

A partir das diretrizes institucionais, e em conjunto com os demais cursos do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), o Eixo de Articulação foi concebido na forma de uma atividade de projeto em torno da temática Projeto Empreendedor de Base Tecnológica Sustentável, com uma carga horária mínima de 180 horas/aula. Os objetivos estabelecidos para essa formação podem ser assim sintetizados: desenvolver a capacidade empreendedora dos acadêmicos e professores; articular os diversos conteúdos e cursos do CCT, por intermédio de trabalhos multidisciplinares envolvendo acadêmicos e professores; construir um projeto empreendedor com base na sustentabilidade (socioeconômico-ambiental) por meio da visão de curto e longo prazo.

Além destes, as estratégias adotadas nos cursos, e no Centro, visam a desenvolver algumas características do perfil profissiográfico que se pretende atingir, tais como capacidade de conceber e analisar sistemas, produtos e processos, capacidade de desenvolver soluções e compreender problemas administrativos, legais, socioeconômicos e outros, e, finalmente, demonstrar o espírito empreendedor.

A estrutura do Eixo de Articulação nos currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Design e Engenharias seguem a seguinte organização: a) no 1º semestre é oferecida a disciplina de introdução ao curso que objetiva articular os conceitos trabalhados, a participação de vários profissionais do curso e apresentar a proposta de articulação; b) do 2º ao 6º semestre é ofertada a disciplina de Projeto Empreendedor de Base Tecnológica Sustentável I, disciplina oferecida conjuntamente a todos os cursos do CCT que permite identificar oportunidades de mercado com enfoque multidisciplinar.

No penúltimo semestre é oferecida a disciplina de Projeto Empreendedor de Base Tecnológica Sustentável II – disciplina não presencial oferecida conjuntamente a todos os cursos do CCT que têm como objetivo elaborar o plano de negócio com enfoque multidisciplinar. E, finalmente, no último semestre apresentação final em Feira de Produtos e Oportunidades e/ou Trabalho de Conclusão de Curso.

O contexto de Empreendedorismo e Inovação estão estabelecidos de forma seminal; Timmons (1994) salientou que o empreendedorismo era uma revolução silenciosa, que teria importância no século XXI. Também Dornelas, Spinelli e Adans Jr. (2014) defendem que o empreendedorismo é fonte de várias transformações e invenções que revolucionaram o estilo de vida no século XX.

De acordo com Drucker (2011), OECD (2016) e Brasil (2016), as pessoas que empreendem e inovam são comuns e podem agir na implementação de: um bem ou serviços novos ou significativamente melhorados; novas formas de relacionamento com clientes; novas técnicas de fazer mais com menos; melhoria da qualidade; redução do prazo de produção e entrega; novos métodos de redução do impacto ambiental do empreendimento; melhoria do sistema e da estrutura organizacional; novas abordagens para a coleta, organização e distribuição de informação; melhoria dos serviços internos; novas formas de participação e envolvimento de empregados e demais partes interessadas.

Os ambientes de divulgação de empreendedorismo e inovação são os momentos em que se analisa as oportunidades, em que as redes de transferência de conhecimento se formam a ponto de melhorar as oportunidades e testar estas perante o mercado. Um desses momentos são as Feiras de Empreendedorismo e Inovação.

7.2 Feira de Inovação e Empreendedorismo do CCT – FURB

A Feira da Inovação representa um espaço de apresentação de soluções inovadoras desenvolvidas pelos alunos em suas disciplinas do Eixo de Articulação do CCT, oferecendo oportunidade de trocas de experiências para inovação no campo da ciência e da tecnologia, realizada semestralmente a partir de 2016. Os objetivos da Feira de Inovação do CCT são: estimular o interesse para o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação entre estudantes dos cursos do CCT, técnicos administrativos, professores universitários e comunidade em geral que participarão do evento; expor o resultado dos projetos elaborados em sala e voltados a soluções inovadoras para as comunidades internas e externas à Universidade; propiciar espaços para a troca de experiências inovadoras entre os cursos do CCT, técnicos administrativos e professores universitários e comunidade em geral que participarão do evento; estimular os atores envolvidos na Feira para a criatividade empreendedora e inovadora; concretizar o Eixo de Articulação do CCT e a Feira proposta neste Eixo.

Os projetos apresentados na Feira foram selecionados pelos docentes das disciplinas do Eixo de Articulação dos cursos, com o limite de cinco projetos por curso, podendo ser individual ou composto por no máximo cinco integrantes. A participação na Feira da Inovação do CCT consistiu na apresentação do projeto, em forma de exposição física. Desta forma, os alunos apresentaram uma ideia de negócio (em pôster, *banner*, etc) e como forma de apresentação por meio de um planejamento do negócio e de um protótipo.

A votação para escolha dos melhores projetos ocorreu por dois atores: alunos e professores especialistas. A apresentação foi em formato de *Pitch*. Os professores foram responsáveis por selecionar um aluno/equipe por curso, levando em conta o projeto mais inovador/viável. Desta forma, no período noturno, um projeto por curso (dez projetos) e o projeto mais votado entre os visitantes da Feira (um projeto), somando 11 projetos finais para apresentação no *Pitch*.

A banca, na análise da proposta, observou os seguintes critérios: originalidade e criatividade na utilização da solução proposta e seu grau de inovação; relevância do potencial de inovação e utilização pelo público-alvo e potencial de aplicabilidade da solução proposta, considerando seu impacto ambiental e seu grau de contribuição para a resolução de problemas industriais, empresariais e sociais. Entre os vários trabalhos inovadores apresentados na Feira, tiveram como trabalhos premiados na Primeira Feira: 1º colocado – curso de Engenharia de Produção – Equipamento compacto para fabricação de cerveja artesanal; 2º colocado – curso de Design - *Case Cube*: plataforma para prestação de serviços de impressão 3D; 3º colocado – curso de Engenharia Elétrica – Aplicativos para deficientes auditivos e visuais.

Já na Segunda Feira os trabalhos vencedores foram: 1º colocado – curso de Engenharia de Alimentos – *Lio Fresh* – Suco de laranja natural liofilizado; 2º colocado – curso de Design – *Bud for Good*; 3º colocado – curso de Engenharia Química – *Beer Truck*.

7.3 Considerações preliminares

Projetos inovadores são inerentes ao meio acadêmico, principalmente nas engenharias, onde o desenvolvimento de projetos exigem conceitos atuais da área tecnológica.

A Feira de Inovação e Empreendedorismo cumpre seu papel acadêmico de fechamento das disciplinas do Eixo de Articulação do Centro Tecnológico, mas vai além, quando consegue desenvolver a cultura empreendedora, preparando o acadêmico para o mercado de trabalho que hoje busca o profissional não apenas técnico, mas também criativo, inovador e que saiba trabalhar em equipes.

Neste sentido, o resultado obtido no percurso da formação de cada acadêmico foi propiciado por meio dos estudos e concretização de viabilidades de criação de projetos e execução de novas empresas e produtos inovadores, assim praticaram o protagonismo, habilidade fundamental para o desenvolvimento de empreendedores.

A Feira também cumpre um papel de extensão, abrindo as portas da Universidade para a comunidade externa, onde diversas empresas e profissionais são convidados a visitarem a Feira e conhecerem os projetos, dando oportunidades de serem aplicados como potenciais novos produtos ou sistemas, como também com função social quando buscam criar soluções de apoio a comunidade. O desafio agora é integrar as equipes, tornando-as interdisciplinares, resultado do ofere-

cimento das disciplinas do Eixo de forma integrada para todos os Cursos do CCT, unificando as disciplinas desse Eixo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta SD mostrou que o empreendedorismo pode manifestar-se de várias maneiras e isso inclui tanto a economia formal quanto a informal, sendo uma das atividades de criação de riqueza. Por sua vez, o empreendedorismo pode contribuir para o desenvolvimento econômico por intermédio de empresas de elevado crescimento ou empreendedorismo orientado pela necessidade, através de empresas que constituem uma importante fonte de rendimento e emprego para as populações vulneráveis.

As IES brasileiras possuem diferentes mecanismo para levar aos seus alunos informações a respeito do que é ser empreendedor. O desafio de se criar novos empreendedores e motiva-los às necessidades da sociedade são repassados de diferentes formas: o conceito de empreendedorismo e ações são realizadas com o intuito de despertar o interesse em empreender dos alunos, muito por iniciativas individuais dos próprios docentes do que propriamente por uma ação articulada, por meio de um projeto norteador de ensino e aprendizagem.

Dos seis artigos apresentadas durante a Sessão Dirigida do COBENGE 2017, dois eram voltados à conceituação teórica e relatavam ações realizadas em suas instituições de como se desenvolver o empreendedorismo. Os demais trabalhos apresentados relataram experiências bem-sucedidas de como implementar ações efetivas para desenvolver o espírito empreendedor nos alunos de suas instituições através de atividades práticas.

A experiência do Laboratório Aberto da Universidade de Brasília, envolvendo a UnB e o SENAI, que juntas disponibilizam seus ambientes de ensino para resolução de problemas reais com os alunos, demonstrou ser a solução para uma grande dificuldade vivida por boa parte das IES brasileiras, que, por situar-se longe dos grandes centros industrializados, torna-se difícil despertar o espírito empreendedor nos alunos. Essa experiência do Laboratório Aberto atrelada a novas metodologias de ensino e aprendizagem ativas possibilitou que os alunos pudessem desenvolver diferentes habilidades essenciais ao empreendedor, como saber trabalhar em equipe, elaborar um planejamento e solucionar um problema.

A experiência da UFRGS mostrou que, mesmo sem um currículo voltado para o empreendedorismo, muitas empresas de sucesso foram criadas por ex-alunos de sua Escola de Engenharia. No entanto, dada a evolução do mercado de trabalho dos engenheiros, tornam-se imperativas alterações nos currículos dos cursos de Engenharia com vistas a contemplar o desenvolvimento de uma atitude autônoma, inovadora e empreendedora, essenciais para o sucesso profissional dos engenheiros.

Tanto a experiência da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) quanto da Universidade Regional de Blumenau (FURB) apresentaram similaridade nas suas

ações realizadas, ao passo que para motivar os alunos foi necessário empreender também na forma de ensinar. Ambas desenvolveram diferentes ações através da metodologia PjBL (Aprendizagem baseada em projetos), em que se procura desenvolver a criatividade dos alunos através de problemas práticos. Para que se atingissem os objetivos propostos, houve a necessidade de despertar interesse por parte dos alunos de diferentes áreas e cursos. Somente assim foi possível verificar o inter-relacionamento e mudar os comportamentos pessoais até então dos alunos, características fundamentais para os alunos empreenderem.

Como resultado da SD propomos uma reflexão sobre a Educação Empreendedora nos cursos de graduação em Engenharia. Identificamos aspectos essenciais que poderiam integrar uma agenda nacional visando a nortear a inclusão da Educação Empreendedora nos cursos de graduação em Engenharia no Brasil. Os resultados da SD indicam que a Educação Empreendedora que formará um engenheiro com características do comportamento empreendedor e cultura empreendedora são aspectos fundamentais para compreensão e entendimento sobre a inclusão do empreendedorismo nos cursos de graduação das engenharias e poderiam integrar uma agenda nacional.

Com base nos trabalhos apresentados pelos autores no âmbito da SD e discussão promovida entre pares, consideraram-se desafiadores e de importância termos como metas:

- a) Abrir uma arena de reflexão e debates sobre o Empreendedorismo na Educação em Engenharia, objetivos, contribuições e impactos na formação do engenheiro brasileiro. Desta maneira devemos estimular e fortalecer o **Grupo de Trabalho de Educação Empreendedora em Engenharia** atual, que tem o propósito de contribuir para ampliar o debate nacional sobre o fortalecimento das Engenharias no Brasil e a inovação na Educação em Engenharia, a partir da perspectiva da Educação Empreendedora;
- b) Disseminar as melhores práticas e experiências de Educação Empreendedora implementadas nos programas de formação em Engenharia no Brasil;
- c) Fomentar a pesquisa de novos métodos, técnicas, modelos e *frameworks* apoiando-se no paradigma da Educação Empreendedora em conexão com Educação em Engenharia;
- d) Estimular a reflexão sobre a Educação Empreendedora, como meio de ampliar e enriquecer as habilidades empreendedoras na formação do engenheiro, visando a contribuir para aumentar o desempe-

nho das indústrias brasileiras;

- e) Reunir elementos para a construção de agenda nacional para a inserção da Educação Empreendedora nos programas de formação em Engenharia;
- f) Estimular a capacitação docente para atuar como elo propulsor do empreendedorismo nos cursos das engenharias.

9. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, D. M. *et al.* Reflexões sobre a formação do perfil empreendedor em alunos de engenharia. **Anais...** XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge, 2013.

AMARAL, S. F. *et al.* O ensino de engenharia e competências para inovação: uma proposta inicial. **Anais...** XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge, 2016.

ARANHA, E. A.; SANTOS, P.H. A formação do engenheiro no Brasil: provocações da indústria e proposições da academia. **Anais...** XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge, 2016.

ARROW, K. **Arrow's Theorem**. Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2015. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/arrows-theorem/>>. Acesso em: 13 out. 2014.

BALTHAZAR, J. C.; SILVA, J. M. Aprendizagem baseada em projeto no curso de engenharia de produção da Universidade de Brasília. In: **Secon Ibero-American Symposium on Project approaches in Engineering education (PAEE'2010): Creating Meaningful Learning Enviroments**, 2010, Barcelona: Espanha.

BASSETO, E. L. **Proposta para metodologia de ensino de projeto informacional e projeto conceitual**. Florianópolis, 2004, 133 f. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

BEEL, J. *et al.* **A Comparative Analysis of Offline and Online Evaluations and Discussion of Research Paper Recommender System Evaluation**. Proceedings of the Workshop on Reproducibility and Replication in Recommender Systems Evaluation (RepSys) at the ACM Recommender System Conference , pp. (RecSys), 2013. pp. 7-14.

BELK, R. You are what you can access: Sharing and collaborative consumption online. **Journal of Business Research**, v. 67, Issue 8, August 2014, Pages 1595–1600.

BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.** [online]. 2010, vol.17, n.2, pp.421-431.

BLANK, S.; DORF, B. **The Startup Owner's Manual: The Step-By-Step Guide for**

- Building a Great Company. **K & S Ranch**. 2012. ISBN-10: 0984999302.
- BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. **Conselho Nacional de Educação**. Brasília, DF, 2002.
- BRASIL, **Lei nº13.243** de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, DF, 12 de jan. 2016.
- BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **Thriving in the Automated Economy**. World Future Society, 2012. pp. 27-31.
- CALDERON, A. What will higher education be like in 2040? **University World News**. 2015. Disponível em: < <http://www.universityworldnews.com/article.php?story=20150908145912643>>. Acesso em 06 mai. 2016.
- CANTILLON, R. **Essai sur la nature de commerce en général**. Henry Higgs, Ed. London: Macmillan, 1931.
- CANTO, A. B.; SUSIN, A. A. Liderança situacional aplicada ao ensino. **Anais... XXXIV Cobenge**, 2006. Passo Fundo – RS.
- DIAS, J. M.; LANDEIRA, R.; PATRIANI, T. B. 25 anos de 3E: empresa júnior da faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP. **Anais... XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Cobenge, 2015. São Bernardo do Campo – SP.
- DORNELAS, J. C. A.; SPINELLI, S; ADAMS JR., R. J. **Criação de novos negócios: empreendedorismo para o século XXI**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2014.
- DRUCKER, P. F. **Inovação e espírito empreendedor (entrepreneurship): prática e princípios**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- DWEK, M. **Perspectiva para formação em Engenharia: o papel formador e integrador do engenheiro e o engenheiro educador**. São Paulo, 2008, 140p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Materiais) – USP – Universidade de São Paulo.
- EDWARDS, M.; FERNÁNDEZ, D.; GONZÁLEZ, L. D. G. What do Spanish engineering students think about innovation and entrepreneurship? **Working Paper**. nº 2010/04. Disponível em: <http://www.ingenio.upv.es/sites/default/files/working-paper/what_do_spanish_engineering_students_think_about_innovation_and_entrepreneurship.pdf>. Acesso em: 11 set. 2015.
- FAB LAB. Disponível em: <<http://www.fabfoundation.org/index.php/fab-lab/index.html>>. 2015. Acesso em: 15 set. 2016.
- FIET, J. O. The pedagogical side of entrepreneurship theory. **Journal of Business Venturing**, v. 16, p.101-117, 2000.
- FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, June 10, 2014.
- FROYD, J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. A. Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. Special Centennial Issue, p. 1344-1360, 2012. ISSN 0018-9219.

FURB. **Projeto político pedagógico de ensino de graduação**. Blumenau: Edifurb, 2006.

GARAVAN, T.N.; O'CONNOR, B. Entrepreneurship education and training programs: a review and evaluating – Part 1, **Journal of European Industrial Training**, vol.18, nº 8, p.3-12, 1994.

GIBB, A. In pursuit of a new 'enterprise' and 'entrepreneurship' paradigm for learning: creative destruction, new values, new ways of doing things and new combinations of knowledge. **International Journal of Management Reviews**. 2002. pp. 233-269.

GOMES, J. D. C. *et al.* Empreendedorismo e inovação na visão de professores de engenharia mecânica. **Anais... XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Cobenge, 2014.

GUO, P. J. Online python tutor: embeddable web-based program visualization for cs education. **Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education**, 2013. p.579-584.

INCAMP. Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Unicamp. Disponível em: <<http://www.inova.unicamp.br/incamp/incubacao/>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

INOVA. Engenharia propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil / IEL.NC, SENAI.DN. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN, 2006. 103 p.; il. ISBN 85-87257-21-8

KLEIN, P.; BULLOCK, J.B. Can be entrepreneurship be taught? **Journal of Agricultural & Applied economics**, August, 2016.

LABORATÓRIOS ABERTOS SENAI. 2015. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/senai/canais/inovacao-e-tecnologia/laboratorios-abertos-senai/laboratorios-abertos-senai-quem-somos/>>.

LAWSON, H. A.; Empowering people, facilitating community development, and contributing to sustainable development: The social work of sport, exercise, and physical education programs. **Sport, Education And Society**, v. 10 , Iss. 1, 2005.

LEITE, D. **Inteligência artificial: do século XIV à era Big Data**. Disponível em: <<http://www.bigdatabusiness.com.br/historia-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 8 mar. 2017.

LOEBBECKE, C.; PICOT, A. Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics: a research agenda. **The journal of strategic information systems**, v. 24, issue 3, september 2015, pages 149–157. 2015.

LURYI, S. *et al.* Entrepreneurship in Engineering Education. **Anais... 37º Conferência ASEF/IEEE frontiers in education**. Milwaukee, WI. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/224300085_Entrepreneurship_in_engineering_education>. Acesso em 10 jan. 2017.

LYTHCOTT-HAIMS, J. **How to Raise an Adult: Break Free of the Overparenting Trap and Prepare Your Kid for Success by Julie Lythcott-Haims** — Reviews, Dis-

cussion, Bookclubs, Lists. Henry Holt and Co., 2015.

MANYIKA, J. **A future that works**: automation, employment, and productivity. San Francisco: Mackinsey & Company, 2017.

MEC-FNDE. **Resolução nº 42**, de 4 de novembro de 2013. Estabelece orientações e diretrizes para o pagamento de bolsas a estudantes de graduação e a professores tutores no âmbito do programa de educação tutorial (PET). Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&sgl_tipo=RES&num_ato=00000042&seq_ato=000&vlr_ano=2013&sgl_orcao=CD/FNDE/MEC>. Acesso em 09 jun. 2016.

MEC-FNDE. **Portal do Programa de Educação Tutorial**, disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/pet/legislacao>>. Acesso em 09 jun. 2017.

MEDEIROS, A. M. **Escola de Frankfurt**. Disponível em: <www.portalconsciencia-politica.com.br/filosofia-politica/filosofia-contempor%C3%A2nea/escola-de-frankfurt/>. Acesso em 05 jul. 2017.

MIKHAK, B. *et al.* Fab Lab: na altenate modelo d ICT for development. 2002. Disponível em: < <http://18.85.8.56/events/03.fablab/fablab-dyd02.pdf> >. Aceso em 10 jul. 2017.

MORE, M. **The Philosophy of Transhumanism, from The Transhumanist Reader**: Classical and Contemporary Essays on the Science, Technology. Disponível em: <<https://s3.amazonaws.com/arena-attachments/249774/e95989d7e80d5db-6f9171eff6c3d661c.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2017.

MOREIRA, B. C. *et al.* Desenvolvimento humano empreendedor através da educação corporativa. **Anais...** XXXIX Congresso brasileiro de educação em engenharia. Cobenge, 2011. Blumenau – SC.

OECD. Entrepreneurship at a Glance 2016, **OECD Publishing**, Paris, 2016. Acesso em: 1 jul. 2017.

TIMMONS, J. A. **New venture creation**. Boston: Irwin McGraw-Hill, 1994.

PAES, R. D. B. *et al.* Ferramenta para a avaliação de aprendizado de alunos em programação de computadores. **Anais...** II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013).

PARDINI, Q. J.; PAIM, L. R. C. Empreendedorismo e interdisciplinaridade: uma proposta metodológica no ensino de graduação. **Anais...** II EGEPE, 2001. Londrina – PR

PET-UTFPR-CM - **Programa de Ensino Tutorial**, PET de Engenharia Civil UTFPR-CM. Disponível em: <<http://petcivil.com.br/ogrupos/>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

PIMMEL, R. L. A practical approach for converting group assignments into team projects. **IEEE Transactions on Education**, v. 46, n. 2, pp. 273-282, 2003. ISSN 0018-9359.

PINAIRE, J.; AZÉ, J.; & BRINGAY, S. E. **Patient healthcare trajectory**. An essential monitoring tool: a systematic review. *health inf sci syst*, doi:10.1007/s13755-017-0020-2. 2017.

POWELL, W. W.; SNELLMAN, K. The Knowledge Economy. **Annual Review of Sociology**, p. DOI: 10.1146/annurev.soc.29.010202.100037.

QUINTELLA, I. P. C. P. *et al.* **Fab Labs**: a expansão da rede brasileira e sua inserção no contexto acadêmico e no ensino de engenharia. 2016. Disponível em: <http://fableam.org/wp-content/uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_70.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

RIFKIN, J. **The End of Work**. Retrieved from Europe's Uncertain Future. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0a61/d04fa8f5809ffa45897056996567c4986708.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

SANTOS, D. M. *et al.* Integrando as disciplinas de engenharia de software, análise de projetos e banco de dados, utilizando PBL. **Anais... XXVII Congresso do SBC. XV Workshop de Educação em informática**. Rio de Janeiro – RJ. 2007.

SEBRAE NACIONAL. **Programa Educação Empreendedora no Ensino Superior**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/educacao-empreendedora-no-ensino-superior,46811406bad46410VgnVCM-1000003b74010aRCRD#0>>. Acesso em 21 jun. 2017.

SENGES, M.; BROWN, J. S.; RHEINGOLD, H. Entrepreneurial learning in the networked age: How new learning environments foster entrepreneurship and innovation. **Paradigmes: economia productiva i coneixement [en línia]**, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Paradigmes/article/view/225695>>.

SHOOK, E.; KNICKREHM, M. **HARNESSING REVOLUTION: Creating the future workforce. ACCENTURE STRATEGY**. Disponível em: <https://www.accenture.com/t20170210T012359__w_/us-en/_acnmedia/PDF-40/Accenture-Strategy-Harnessing-Revolution-POV.pdf>. Acesso em 18 mar. 2017.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, Sistema Maxwell, 2005.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, Socialism and Democracy**. New York: Harper & Row, 1942.

SZIRMAI, A.; NAUDE, W.; GOEDHUYS, M. Entrepreneurship, innovation and economic development: an overview. In: SZIRMAI, A.; NAUDE, W.; GOEDHUYS, M (Eds). **Entrepreneurship, innovation and economic development**. Oxford, 2011.

SKINNER, B. **Science and human behavior**. The BF Skinner Foundation, 2005.

TECHSHOP. Disponível em: <<http://www.tecshop.ws/index.html>>. Acesso em: 15 set. 2016.

THIEL, P.; MASTERS, B. **Zero to One: Notes on Startups, or How to Build the Future**. New York: Crown Business. 2017.

UTFPR-CM. Regulamento do Programa de Empreendedorismo PROEM, 2017. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/campomourao/estrutura-universitaria/diretorias/direc/hotel-tecnologico/Resolucao02.15.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

UTFPR. Programa de Empreendedorismo e Inovação – PROEM, 2017. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/direc/>>

nit/proem>. Acesso em: 03 mai. 2017.

VERZAT, C.; BACHELE, R. Developing an entrepreneurial spirit among engineering college students: what are education factors? In: FAYOLLE, A.; KLANDT, H. **International Entrepreneurship Education Issues and Newness**. Ed. Edward Elgar, 2006.

VIANA, D. M. *et al.* The Project-based learning as tool for development of soft skills. **Anais...** International Mechanical Engineering Congress., 2009. Gramado – RS.

WIDERQUIST, K. **Universal Basic Income, from BIEN** – Basic Income Earth Network. 2017. Disponível em: <<http://basicincome.org/>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 03/01/2006. ISSN 0001-0782. Disponível em: < <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1118178.1118215> >.

XAVIER, R.; COSTA, D. Com 1,2 mil empresas juniores, Brasil é líder mundial no segmento. **Globo Economia**. Em 07/09/2016. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/com-12-mil-empresas-juniores-brasil-lider-mundial-no-segmen-to-19869385>>. Acesso em 09 jun. 2017.

Capítulo V

ENSINO DE METROLOGIA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Coordenador: *Américo Tristão Bernardes*
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Relator: *Alexandre Mendes*
Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ

Ana Lúcia Carneiro Fernandes Souto
Somos Educação

José Mauro Granjeiro
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro

Luciana e Sá Alves
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro

Marta Ferreira Abdala Mendes
Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ

Rodrigo P.B. Costa-Felix
Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica – SBEB

SUMÁRIO

1. Introdução.....	128
2. A importância da metrologia.....	128
3. Metrologia e formação profissional.....	130
4. A metrologia na formação atual do engenheiro.....	134
4.1 Análise da matriz curricular de alguns cursos de engenharia no brasil ...	135
4.1.1 Região sudeste.....	135
4.1.2 Região nordeste	137
4.1.3 Região sul	138
4.2 A metrologia e o ensino da metodologia da pesquisa científica nos cursos de engenharia	138
4.3 Programas de pós-graduação em engenharia que realizam pesquisas na área de metrologia.....	143
4.4 Atividades educacionais nas instituições da infraestrutura da qualidade dos estados membros do bipm na américa do sul	145
4.4.1 Curso de <i>ingeniería industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial</i>	145
4.5 O uso de tecnologias de informação e comunicação na educação em metrologia	148
5. Considerações finais	153
6. Bibliografia.....	154

Capítulo V

ENSINO DE METROLOGIA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo traz reflexões sobre a importância da Metrologia, a ciência das medições, na formação acadêmica do engenheiro. Diversas estratégias para apoiar essa formação são discutidas, como inserções de disciplinas na matriz curricular dos cursos de graduação em Engenharia ou abordagem desse conteúdo nas disciplinas já existentes. Além disso, esse capítulo também discute a importância da ciência das medições no trabalho do engenheiro, seja na indústria ou no mundo acadêmico, pesquisando e/ou formando futuros engenheiros.

Neste capítulo, buscou-se construir um texto com as principais contribuições dos diversos autores, evitando-se repetições e com um encadeamento que garanta melhor compreensão dos temas envolvidos e fluidez para a leitura.

2. A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA

O desenvolvimento industrial, a melhoria da qualidade de nossos processos e produtos e o aumento da competitividade exigirão profissionais com boa formação em Metrologia e Avaliação da Conformidade, uma vez que dos profissionais formados é exigida toda uma base conceitual em ambientes produtivos em que são realizadas medições: utilização de normas e regulamentos técnicos, compreensão adequada do processo de medição, expressão correta dos resultados e das incertezas associadas (BRASIL, 2008).

Não há dúvida de que a metrologia e a medição têm uma posição chave em muitas áreas do cotidiano. Dados da última década mostram que nas indústrias modernas as medidas representam até 10-15% dos custos de produção. Estima-se que na Europa os custos de medição e instrumentação equivalem a 6% do produto nacional bruto combinado (REGTIEN *et al.*, 2004).

Em breve definição, Metrologia é a “ciência da medição e suas aplicações”. Complementando, uma nota no Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) reforça que “a metrologia engloba todos os aspectos teóricos e práticos da medição, qualquer que seja a incerteza da medição e o campo de aplicação” (INMETRO, 2012a, p. 16).

Um dos fatores mais importantes e críticos da Metrologia é a manutenção de um acordo universal para as unidades de medida, ou seja, a existência de uma padronização dos valores. Para que isso aconteça e possa ser utilizado, existe uma estrutura metrológica internacional e nacional que garante que os instrumentos de medição sejam mantidos e aplicados adequadamente e corretamente no cotidiano das empresas.

Importantes fatores comerciais e industriais são resultantes da Metrologia,

uma vez que medidas imprecisas acarretam desperdício, baixa qualidade e altos custos. Todos os setores industriais demandam por Metrologia, por exemplo a área da saúde, como a indústria farmacêutica e hospitalar, indústria metal mecânica, mecânica fina, aeroespacial e náutica.

A Metrologia é a ciência de base para a organização da infraestrutura da qualidade de todos os países. A Metrologia imprime confiabilidade nas medições e confiabilidade é a capacidade ou a probabilidade de um sistema realizar uma função e manter seu funcionamento sob condições específicas, de forma adequada como previsto no projeto durante um período de tempo pré-determinado em circunstâncias de rotina, bem como em circunstâncias hostis e inesperadas. Assim, a confiabilidade metrológica é a capacidade de um sistema de medição transmitir certeza e confiança nos resultados obtidos. Num mercado cada vez mais globalizado, as empresas estão submetidas a pressões comerciais e técnicas, tanto pelo lado dos concorrentes nacionais e internacionais, quanto pelo dos clientes consumidores.

Um processo produtivo deve estar, sempre que possível, fundamentado em normas técnicas, procedimentos ou especificações, visando à obtenção de produtos que satisfaçam às necessidades do mercado consumidor. Para que isto ocorra dentro dos limites planejados, são realizadas medições das características das matérias-primas, das variáveis do produto em transformação e das diversas etapas do processo.

A norma técnica ABNT NBR ISO 10012, em seu item “7.1 Comprovação Metro-lógica”, define que:

A comprovação metrológica deve ser projetada e implementada para assegurar que características metrológicas do equipamento de medição satisfaçam os requisitos metrológicos do processo de medição. A comprovação metrológica compreende a calibração e a verificação do equipamento de medição. (ABNT, 2004, p. 2)

Sem a comprovação metrológica não há como garantir a confiabilidade dos dados referentes ao controle das características que determinam a qualidade do produto. Sua ausência, portanto, é por si só razão suficiente para gerar descrédito no sistema de informação da qualidade da organização.

Dessa forma, a Metrologia é considerada uma ferramenta estratégica para o fortalecimento do setor produtivo por todas as políticas industriais do século XXI: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE 2004/2008), Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP 2008/2011) e Plano Brasil Maior (PBM 2011/2014) – uma vez que contribui para a inovação, apoia o comércio exterior, aumenta a competitividade e defende a indústria e o mercado internos (BRASIL, 2003; BRASIL, 2007; BRASIL, 2010a).

Analisando-se o ambiente pelo lado do consumidor, o sistema metrológico existente possibilita que os usuários tenham acesso a mecanismos de verificação da conformidade dos produtos oferecidos. A partir de resultados de medições, realizadas pelos fabricantes e verificados pelos órgãos controladores, os consumidores podem confiar que os produtos industrializados foram mensurados anteriormente (ex.: peso, volume, composição química, concentração etc.) e liberados para comercialização. A confiabilidade metrológica acarreta um produto final confiável, seguro e econômico (uma vez que é feito sem desperdícios), respeitando o consumidor e garantindo sua fidelidade à marca (por saber que pode confiar num produto que obedece a padrões de qualidade mundialmente aceitos).

3. METROLOGIA E FORMAÇÃO PROFISSIONAL

A formação profissional, de maneira geral, apresenta uma carência de conceitos fundamentais de Metrologia. Mesmo nas ciências físicas e nas engenharias essa formação é precária. As empresas têm demandado capacitações específicas, de modo a atender aos requisitos exigidos pela competitividade.

Documentos brasileiros de referência para a organização das ações em Metrologia têm capítulos dedicados à educação. Algumas características destacadas nesses documentos são a carência de conceitos metrológicos fundamentais em muitas áreas de formação e atividades incipientes de ensino específico do tema. O desafio proposto é o de fortalecer o conhecimento da Metrologia na sociedade brasileira. O documento Física para o Brasil – Pensando o Futuro, publicado pela Sociedade Brasileira de Física (CHAVES; SHELLARD, 2005), ressalta que a Metrologia é um dos desafios multidisciplinares para o desenvolvimento da Física e que a maior necessidade brasileira na área é a atração de pessoal de alta qualificação científica e tecnológica.

A área da Metrologia está associada ao atendimento das exigências de uma sociedade que pretende se tornar plenamente industrializada, a um salto qualitativo na capacidade de conceber e realizar experimentos, a uma linguagem comum e padronizada, aos procedimentos que assegurem a confiança nos resultados de medições, à segurança e ao bem-estar e às barreiras técnicas ao comércio.

Na consolidação das recomendações da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável (BRASIL, 2010b) aparece, como uma das recomendações, o apoio a programas de capacitação para enfrentar os desafios da Metrologia em novas áreas, como a Biotecnologia, a Nanotecnologia, as mudanças climáticas e as energias renováveis.

Em março de 2002, o Ministério da Educação publicou a resolução CNE/CES 11/2002, que aponta as diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia no Brasil (BRASIL, 2002). Essa resolução define:

Os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da

formação de engenheiros, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, para aplicação em âmbito nacional na organização, desenvolvimento e avaliação dos projetos pedagógicos dos Cursos de Graduação em Engenharia das Instituições do Sistema de Ensino Superior (RESOLUÇÃO CNE/CES 11/2002).

Em seu Artigo 4º, a Resolução estabelece as competências e habilidades a serem obtidas na formação do engenheiro e o item II cita a necessidade de prepará-lo para o exercício de projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados (BRASIL, 2002). Para projetar e interpretar é necessário ter confiança nos resultados das medições, o que configura a essencialidade do campo de conhecimentos da Metrologia para o profissional engenheiro. A análise do artigo 4º mostra que o estudo da Metrologia pode ajudar, significativamente, na construção de competências e habilidades apontadas pelo MEC.

O estudo da Metrologia na formação de um engenheiro possibilita uma percepção de que toda medição tem uma incerteza (dúvida) associada e que devemos considerá-la nas diversas etapas de um processo produtivo. Além do mais, medições críticas, fundamentais para tomada de decisão, devem ser realizadas com instrumentos calibrados e com a devida análise dos certificados de calibração.

O documento Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira é um documento de referência para a organização das ações em Metrologia no país. Ele é publicado quadrienalmente desde o ano 2003 e sempre dedicou um capítulo à Educação em Metrologia, cuja relevância foi descrita em quatro afirmações:

A educação de qualidade em todos os níveis é um fator fundamental para o desenvolvimento e o principal mecanismo de redução permanente da desigualdade social [...] As novas tecnologias e os desafios de um mercado globalizado altamente competitivo conferem um relevante papel à educação, e em particular à educação profissional, que pode ser considerada estratégica para a Inovação e competitividade na nova ordem econômica mundial.

[...] o desenvolvimento industrial, a melhoria da qualidade de nossos processos e produtos e o aumento da competitividade exigirão profissionais com boa formação em metrologia e avaliação da conformidade. A sociedade empresarial tem demandado capacitações específicas, de modo a atender aos requisitos exigidos pela competitividade.

[...] Contudo, em muitas das áreas de formação profissional, ainda há uma carência clara de conceitos fundamentais de metrologia. Profissionais não afeitos à área metrológica, como profissionais das áreas da saúde e ambientais, técnicos de laboratórios e dos setores industriais, entre outros, necessitam cada vez mais lidar com equipamentos e instrumentos sofisticados, de alta tecnologia, em situações em que os processos de medição e as grandezas medidas devem ser bem conhecidos, interpretados, analisados e tratados no sentido de refletirem valores confiáveis, muitas vezes com grande impacto na saúde, segurança e meio ambiente. Mesmo nas ciências físicas e engenharia são realizadas medições em que se utilizam normas e regulamentos técnicos que necessitam da compreensão adequada do processo de medição, bem como expressão correta dos resultados e das incertezas associadas.

É nesse contexto que a ampliação e disseminação de informações acerca dos princípios de metrologia, barreiras técnicas, avaliação da conformidade e normalização para a população em geral poderá proporcionar à sociedade conhecimentos técnicos que auxiliem o cidadão a conhecer os seus direitos e melhorar sua qualidade de vida. (BRASIL, 2017, p. 59)

A Educação Formal acontece nas instituições oficiais de ensino reconhecidas pela instância legal do país. É um sistema educativo hierárquico e cronologicamente estruturado, com todas as suas partes – burocráticas e curriculares – interconectadas e em mútua dependência (BIANCONI; CARUSO, 2005; COOMBS; PROSSER; AHMED, 1973; PASTOR HOMS, 2001). A estrutura formal da educação no Brasil é organizada nas esferas “Educação Básica” e “Ensino Superior” (BRASIL, 1996).

Há cinco diretrizes estratégicas para a consolidação e desenvolvimento de uma educação e cultura metrológicas no Brasil no período 2018-2022 que tratam da educação formal:

i. intensificar as parcerias com as instituições de ensino brasileiras visando à inserção de conteúdos de metrologia nas disciplinas dos cursos de nível superior e profissionalizantes;

ii. promover e estimular a produção e publicação de literatura, incluindo livros didáticos, teses, estudos e pesquisas no âmbito da metrologia;

vii. consolidar e expandir os programas de ensino técnico profissional e de Pós-Graduação do Inmetro, ampliando a oferta à sociedade de cursos relacionados à Metrologia, Avaliação da Conformidade e Tecnologia;

viii. incentivar a implantação de escolas e de cursos técnicos profissionalizantes de nível médio em todas as regiões do Brasil, em consonância com os programas de governo existentes;

ix. elaborar o programa de residência tecnológica em metrologia, avaliação da conformidade e tecnologias, visando à capacitação técnica associada ao treinamento especializado. (BRASIL, 2017, p. 62)

A formação profissional em Engenharia não pode ficar alheia às demandas do mercado que podem ser atendidas com uma formação mais sólida em Metrologia, tais como:

- Desenvolver técnicas de medição visando ao aumento da produtividade e da qualidade industrial;
- Aplicar princípios metrológicos para o aumento da confiabilidade nos processos produtivos, garantindo os requisitos da qualidade;
- Analisar normas técnicas, certificados de calibração, especificações de fabricantes, manuais e catálogos na utilização de máquinas e equipamentos;
- Aplicar técnicas de elaboração de gráficos, inventários e controles de equipamentos, visando à garantia da qualidade industrial;
- Desenvolver técnicas de calibração e validação de equipamentos de medição;
- Ler e interpretar resultados gerados pelos instrumentos de medição;
- Aplicar técnicas estatísticas de tratamento de resultados de medição;
- Liderar equipes de trabalho na implantação e acompanhamento de programas de confiabilidade metrológica.

Ao ter acesso aos conhecimentos metrológicos, o perfil do profissional egresso de cursos de graduação em Engenharia poderá ser ampliado para o desenvolvimento de diversos benefícios que advêm desse conhecimento, fomentando a infraestrutura da qualidade do Brasil. Os benefícios são:

- Suporte eficiente para tecnologias e métodos de produção;
- Quantificação e avaliação de transações comerciais;
- Transferência de tecnologia e inovação;
- Intercambialidade de sistemas e de produtos;
- Proteção para o consumidor;

- Saúde e segurança para a sociedade.

Num mercado de trabalho abrangente, o engenheiro lida com situações que envolvem diretamente os conhecimentos metrológicos, na medida em que faz uso desse conhecimento para garantir a qualidade e confiabilidade do processo ou produto sob sua responsabilidade.

4. A METROLOGIA NA FORMAÇÃO ATUAL DO ENGENHEIRO

Apesar da grande relevância desta área de conhecimentos, o ensino de conteúdo das ferramentas ou funções de Tecnologia Industrial Básica (Metrologia, Normalização e Qualidade) nos cursos de Engenharia não recebe muita atenção. Algumas especialidades têm disciplinas específicas em seus currículos, tradicionalmente nos cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica e mais recentemente em cursos de Engenharia de Produção (ALVES, 2017).

Parte dos conceitos mais básicos da Metrologia é (ou deveria ser) lecionado nos primeiros anos dos cursos de Engenharia, notadamente nas disciplinas de Física Básica, particularmente na parte experimental dessas disciplinas (em algumas instituições, a parte experimental – disciplinas de laboratório – é separada das disciplinas “teóricas”). Esses conceitos estão bem definidos em documentos aprovados pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas – BIPM, cuja elaboração contou com a participação de sociedades científicas internacionais, entre elas a União Internacional de Física Pura e Aplicada.

Há pouca produção literária publicada em português no Brasil. Alguns textos procuram apresentar os conceitos fundamentais da área (ALBERTAZZI JR; SOUZA, 2008), mas em geral esses textos são utilizados em disciplinas específicas de Metrologia em cursos de Engenharia, sem que seu conteúdo adentre as disciplinas introdutórias. Problema adicional é que os textos básicos ainda usam conceitos que foram superados há duas décadas (KACKER; SOMMER; KESSEL, 2007), sem atualizações da última edição do Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2012a). Há que ressaltar a recente publicação de material que traça uma visão abrangente e significativamente aprofundada da Metrologia e demais ferramentas, inclusive aproximando a metrologia de áreas de fronteira do conhecimento (COSTA-FELIX; BERNARDES, 2017).

Apesar das iniciativas de educação em Metrologia no Brasil serem bem antigas, datando da década de 1940 (ALVES, 2017) e praticamente simultâneas a programas análogos desenvolvidos nos EUA, a maior parte delas não teve continuidade ou não foi incorporada na estrutura formal de ensino. Algumas iniciativas de produção de material que pudesse ser utilizado para apoio à oferta de conteúdos para cursos de Engenharia foram feitas a partir de esforços do Inmetro.

Em 2004, o Ministério da Educação e o Inmetro debateram um protocolo de intenções que, entre outras iniciativas, tratava sobre a inclusão de tópicos de Metrologia, Normalização e Qualidade nas diretrizes curriculares de cursos de graduação (FROTA; FINKELSTEIN, 2006).

No XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2009), o Inmetro apresentou uma proposta de ementa para a disciplina Metrologia em cursos de Engenharia. Suas características eram a carga horária mínima de 60 horas, nenhum pré-requisito e conteúdos organizados em dois blocos chamados de Metrologia Básica e de Metrologia Legal (BERNARDES *et al.*, 2009).

Iniciativas do Inmetro também aconteceram com a oferta de disciplinas específicas para cursos de Engenharia, sendo aplicadas na Escola Politécnica da UFRJ a partir de 2011 na forma presencial e uma versão na modalidade a distância na UFSCar em 2012 (SANTOS; ALVES, 2012), buscando criar modelos que pudessem ser desenvolvidos ou replicados em outras instituições.

4.1 Análise da matriz curricular de alguns cursos de Engenharia no Brasil

Com o objetivo de verificar como o estudo da Metrologia está inserido na matriz curricular dos cursos de Engenharia, a pesquisa selecionou oito Instituições de Ensino Superior (IES) representativas no Brasil e distribuídas nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, para analisar a matriz curricular de alguns cursos de graduação em Engenharia. As Instituições de Ensino Superior selecionadas foram:

- Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
- Universidade Federal da Bahia (UFBA);
- Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
- Universidade de São Paulo (USP)
- Universidade de Campinas (UNICAMP)

A análise da matriz curricular foi feita sob três aspectos: nome dos cursos em que são oferecidas as disciplinas de Metrologia, caráter obrigatório ou eletivo da disciplina e a principal abordagem metrológica presente. Algumas sugestões são dadas para adequar as matrizes curriculares das disciplinas ao objetivo de torná-las mais pertinentes frente às necessidades metrológicas atuais.

4.1.1 Região Sudeste

Nesta região do país foram analisadas as seguintes instituições de ensino:

- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Possui 14 cursos de Engenharia, sendo que nenhum deles oferece disciplinas obrigatórias de Metrologia. Em 2010 o Inmetro assinou um Acordo de Cooperação com a Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (POLI/UFRJ), cujo objetivo foi a oferta de uma disciplina eletiva na modalidade presencial aos alunos dos cursos de Engenharia.

Segundo Bernardes *et al.* (2011), o objetivo da proposta do Inmetro, ao incluir

essa disciplina nos cursos de graduação em Engenharia, era promover a divulgação de conhecimentos básicos de Metrologia e Avaliação da Conformidade aos futuros profissionais engenheiros. A expectativa era proporcionar acesso a conceitos fundamentais empregados em setores relacionados com a Ciência da Medição e da Avaliação da Conformidade e possibilitar a capacitação para atuarem em tarefas de alto nível de complexidade nas áreas científica, industrial e de gestão.

Na ementa da disciplina, destaca-se o cálculo de incerteza de medição e seu conceito. Importante também é o conhecimento sobre certificado de calibração (documento que o engenheiro irá encontrar com frequência na sua atividade) e avaliação da conformidade. A ementa constava de: histórico das medidas; Sistema Internacional de Unidades; certificado de calibração; Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM); sistemas de medição; erro de medição; incerteza de medição; propagação de incertezas; cálculo da incerteza de medição; normalização e regulamentação técnica; noções básicas sobre acreditação e auditorias; O que é avaliação da conformidade?; acompanhamento no mercado de produtos com conformidade avaliada; avaliação da conformidade como instrumento de barreiras técnicas às exportações e importações¹.

- Universidade de São Paulo (USP)

A instituição oferece 18 cursos de Engenharia. Apenas no curso de Engenharia Mecânica foi possível identificar uma disciplina que envolvesse conteúdos de Metrologia de forma obrigatória. A disciplina oferecida aborda: sistemas de medição; Vocabulário de Metrologia e alguns parâmetros metrológicos, como linearidade, resolução e exatidão. Os temas sugeridos para incrementar a ementa da disciplina são: certificado de calibração, cálculo da incerteza de medição e avaliação da conformidade².

- Universidade de Campinas (UNICAMP)

A instituição oferece 13 cursos de Engenharia e em dois cursos são oferecidas disciplinas obrigatórias de Metrologia: Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Manufatura. As ementas das disciplinas abordam aspectos como Sistema Brasileiro de Normalização; terminologia sobre medição, desvios e erros; sistemas de medição; erros e incertezas; calibração de instrumentos e rastreabilidade³.

1 Fonte: Site dos cursos de graduação da UFRJ, disponível em: <<https://graduação.ufrj.br>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

2 Fonte: Site dos cursos de graduação da USP, disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/jupCursoLista>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

3 Fonte: Site dos cursos de graduação da Unicamp, disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/>>

- Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)

A instituição oferece 11 cursos de Engenharia; em cinco cursos são oferecidas disciplinas obrigatórias de Metrologia: Engenharia de Automação Industrial; Engenharia de Controle e Automação; Engenharia de Materiais; Engenharia Mecânica (duas disciplinas) e Engenharia Mecatrônica (duas disciplinas). A ementa de Metrologia é mais ampla, abordando temas como: medição de grandezas físicas mais usadas na mecânica; erros de medição e sua propagação; incerteza da medição; calibração de sistemas de medição; confiabilidade metrológica; manual de garantia da qualidade de um laboratório de calibração; automação na metrologia⁴.

4.1.2 Região Nordeste

- Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

A instituição oferece 15 cursos de Engenharia. Uma disciplina obrigatória de Metrologia aparece em dois cursos: Engenharia Mecânica e Engenharia de Materiais. Disciplinas eletivas de Metrologia aparecem em outros dois cursos: Engenharia Biomédica (duas disciplinas eletivas) e Engenharia de Produção. Nos cursos de Engenharia Mecânica, a disciplina Metrologia ainda faz uma abordagem dimensional, sem mencionar aspectos mais amplos e importantes como leitura de certificado de calibração, noções de incerteza de medição, entre outros. Uma das disciplinas eletivas oferecida no curso de Engenharia Biomédica aborda a Metrologia sob o aspecto mais aplicado à Engenharia Clínica e aprofunda mais a discussão sobre temas metrológicos⁵.

- Universidade Federal da Bahia (UFBA)

A instituição oferece 10 cursos de Engenharia. No curso de Engenharia Mecânica é oferecida uma disciplina obrigatória de Metrologia. No curso de Engenharia de Controle e Automação de Processo é oferecida uma disciplina eletiva. Não foram encontradas as ementas das disciplinas para análise⁶.

graduacao>. Acesso em: 23 jul. 2017.

4 Fonte: Site dos cursos de graduação do Cefet/MG, disponível em: < <http://www.graduacao.cefetmg.br/site/sobre/Cursos.html> >. Acesso em: 23 jul. 2017.

5 Fonte: Site dos cursos de graduação da UFPE, disponível em: < <http://estudante.ufpe.br/graduacao/> >. Acesso em: 23 jul. 2017.

6 Fonte: Site dos cursos de graduação da UFBA, disponível em: < <https://www.ufba.br/cursos> >. Acesso em: 23 jul. 2017.

4.1.3 Região Sul

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

A instituição oferece 13 cursos de Engenharia e foram identificadas cinco disciplinas de Metrologia. No curso de Engenharia Mecânica são oferecidas duas disciplinas obrigatórias. Uma disciplina obrigatória é oferecida em outros três cursos: Engenharia de Produção; Controle e Automação e Engenharia de Energia. Nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Energia, o tema da disciplina é medições térmicas, capacitando os alunos na medição das grandezas temperatura, pressão, vazão de líquidos e de gases e fluxo de calor. As sugestões de conteúdos para incrementar as ementas são: cálculo de incerteza da medição; leitura e análise de certificado de calibração e avaliação da conformidade⁷.

- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

A instituição oferece 24 cursos de Engenharia e foi a instituição com a maior oferta de disciplinas de Metrologia, presentes em seis cursos: Engenharia Automotiva; Engenharia Aeroespacial; Engenharia de Controle e Automação; Engenharia Ferroviária e Metroviária; Engenharia Mecatrônica e Engenharia Naval. Todas as disciplinas são obrigatórias e abordam os seguintes conteúdos: conceitos fundamentais da Metrologia científica e industrial; Sistema Internacional de Unidades; medições diretas e indiretas; erros de medição; características de sistemas de medição; calibração; estimativa de incerteza de medição; especificação geométrica; medição de comprimento, ângulo, forma e rugosidade⁸.

4.2 A Metrologia e o ensino da Metodologia da Pesquisa Científica nos cursos de Engenharia

A Metodologia da Pesquisa é uma disciplina fundamental em qualquer curso de formação superior, conforme afirmam diversos autores (PROETTI, 2006; SILVA; MENEZES, 2005; GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Inclui-se, naturalmente, os cursos de pós-graduação. Não é diferente na escalada acadêmica do engenheiro em todos os seus níveis de formação.

O estudante de engenharia deverá aproveitar seu período de formação acadêmica para desenvolver competência, habilidade e aptidão para futuramente resolver problemas técnicos. O conteúdo programático tradicional em metodologia da pesquisa traz as ferramentas necessárias para o futuro engenheiro desempenhar sua profissão adequadamente (GIL, 2008; POPPER, 1974). Entretanto, vale mencionar que essas ferramentas nem sempre são suficientes.

7 Fonte: Site dos cursos de graduação da UFRGS, disponível em: < <http://www.ufrgs.br/ufrgs/inicial>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

8 Fonte: Site dos cursos de graduação da UFSC, disponível em: < <http://vestibular2017.ufsc.br/guia-de-cursos/>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

Neste contexto, a Metrologia é capaz de ocupar espaço relevante para o entendimento de conceitos fundamentais da ciência da medição e suas aplicações, incluindo sua história (DIAS, 1998; ALDER, 2002), os sistemas de unidades (INMETRO, 2012b), cálculo de incerteza de medição (INMETRO, 2012c e 2012d; MENDES; ROSÁRIO, 2005), vocabulário internacional de metrologia (INMETRO, 2012a) e demais aspectos relacionados à Tecnologia Industrial Básica (BRASIL, 2005; COSTA-FÉLIX; BERNARDES, 2017). A resolução de um problema de Engenharia passa necessariamente por uma etapa de elaboração de projeto.

Diversos problemas demandam diferentes abordagens técnicas. Em muitos aspectos, o planejamento de um experimento típico em Engenharia acompanha as etapas do desenvolvimento de um projeto, embora tenham, em geral, um escopo mais específico. A validação de métodos de medição é tratada em metodologia da pesquisa, assim como em Metrologia, como uma etapa fundamental para agregar novos conhecimentos metodológicos a uma área de atuação profissional. Em certos aspectos, a validação de métodos complementa o planejamento experimental, sendo parte integrante deste, embora possa ser tratada de maneira distinta (INMETRO DOQ-CGCRE-008, 2016).

Distinguimos conceitualmente “método” e “metodologia”, conforme corroborado por autores de Metodologia da Pesquisa (GIL, 2008; GONÇALVES, 2014). Um método pode ser diretamente empregado no planejamento experimental quando ele já está no estado da técnica em uma determinada unidade profissional (laboratório de medição ou departamento de controle da qualidade da produção, por exemplo). Entretanto, é comum a necessidade de validação de um método novo ou a adequação de um método validado ou normalizado a um novo uso pretendido. Essa atividade faz parte da metodologia em um trabalho de desenvolvimento técnico ou pesquisa científica, assim como na gestão de projetos de Engenharia.

Um conhecimento que perpassa todas as áreas da Metrologia é a estimativa da incerteza de medição (INMETRO, 2012b, 2012c). Embora a incerteza de medição costume seja ensinada em disciplinas denominadas “Instrumentação” ou “Física Experimental” nos cursos de Engenharia, a abordagem internacionalmente pacificada sobre os procedimentos para a estimativa da incerteza não é normalmente oferecida na graduação.

Há importantes exceções, em geral em Engenharia Mecânica (ALBERTAZZI JR; SOUZA, 2008), ou as atividades de Engenharia com características multi ou interdisciplinares (FAZENDA; TAVARES; GODOY, 2015), como Engenharia de Produção, envolvendo qualidade e metrologia (DIAS, 1998; FERNANDES, 2011; ABACKERLI *et al.*, 2015).

A conclusão de um curso de Engenharia se dá completando os créditos das disciplinas e com a apresentação de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Embora cada curso tenha autonomia para definir as regras de um TCC, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publica normas específicas sobre redação de trabalhos acadêmicos (ABNT NBR 14724, 2011) e relatórios técnicos

(ABNT NBR 10719, 2015), que deveriam ser preferencialmente empregadas. Diferentemente de outras áreas do conhecimento, não é suposto que um projeto de Engenharia seja uma “obra aberta” (Cf. ECO, 2013), mas que seja concebido e realizado como um projeto (ABNT NBR 15287, 2011; PMI PMBOK, 2013).

Projetos e metodologia da pesquisa estão intrínseca e indissolivelmente ligados entre si (COSTA; COSTA, 2011), e também com a Metrologia. Ainda pelo fato de terem viés prático, em grande parte os projetos de Engenharia passam pela necessidade de experimentar diferentes soluções ou mesmo realizar experimentos que avaliem a eficácia da solução proposta. Ou seja, os projetos de Engenharia vão fatalmente depender, em maior ou menor grau, de um planejamento experimental. Naturalmente, os conceitos de Metrologia se aplicam, uma vez que Metrologia é a “ciência das medições e suas aplicações” (INMETRO, 2012b; OLIVEIRA; COSTA-FELIX, 2017).

O planejamento experimental compreende três etapas bem distinguíveis: delineamento do experimento; definição (e eventual validação) dos métodos de medição; seleção dos instrumentos de medição apropriados. O planejamento experimental promove economia para o projeto e otimiza os recursos disponíveis quanto ao tempo, ao capital intelectual e à infraestrutura. O planejamento, por consequência, está intimamente relacionado aos objetivos da pesquisa empreendida para a solução do problema de Engenharia proposto. Ao delinear o problema, o engenheiro deve atentar-se para a abordagem pretendida.

Alguns parâmetros metrológicos que irão balizar a avaliação da eficácia da solução alcançada, ou seja, dos resultados dos experimentos, serão determinados nesta etapa. O erro máximo admissível é o “valor extremo do erro de medição, com respeito a um valor de referência conhecido” (INMETRO, 2012a, p. 43), a ser definido por especificações do projeto. Outro parâmetro metrológico importante a ser estabelecido nesta etapa do planejamento experimental é a incerteza-alvo, ou seja, a “incerteza de medição especificada como um limite superior e escolhida de acordo com o uso pretendido dos resultados de medição” (INMETRO, 2012a, p. 26). Estas definições foram extraídas do Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM (INMETRO, 2012a) e comentadas em Oliveira e Costa-Felix (2017).

A definição da quantidade de amostras ou de medições a serem realizadas faz parte do planejamento experimental, sendo fundamental para projetos que incluam uma revisão sistemática da literatura – ou meta-análise – bastante empregada em projetos de Engenharia Biomédica e Engenharia Clínica (BRASIL, 2014). Ao selecionar os métodos de medição, os instrumentos de medição devem ser, concomitantemente, definidos. Nesta etapa, outros conceitos metrológicos importantes são empregados, tais como seletividade, linearidade, faixa de trabalho, faixa linear de trabalho, limite de detecção, limite de quantificação, tendência, precisão e robustez. Todos estes parâmetros são tratados no DOQ-CGCRE-008 e compreendem o conjunto de atividades conhecidas como “validação de métodos de medição” (INMETRO, 2016).

O documento orientativo da qualidade DOQ-CGCRE-008 foi concebido e escrito para os métodos utilizados, principalmente, em Química Analítica. Entretanto, seu conteúdo é facilmente adaptável à validação de métodos de medição em qualquer área da Engenharia.

Alguns conhecimentos estatísticos básicos são necessários. Estatística, no contexto das aplicações técnicas e de Engenharia, congrega a coleta, organização, resumo, avaliação, análise e apresentação de dados. A estatística é parte fundamental da Metodologia da Pesquisa Científica para o uso de métodos quantitativos, embora também possa ser empregada na melhor organização e apresentação de resultados obtidos com métodos qualitativos. Em etapa subsequente, a estatística se preocupa em fornecer subsídios para a interpretação dos resultados, proporcionando melhor embasamento técnico para a tomada de decisão (DUARTE, 2017).

Na grande maioria dos casos, serão necessários conhecimentos sobre medidas de tendência central ou valor esperado (média aritmética, média geométrica, média ponderada ou média harmônica, moda e mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão e variância). Testes de hipótese, tais como teste F (*Fischer-Snedecor*), teste *t-Student* e Erro Normalizado, correlação e regressão de dados, além dos fundamentos da probabilidade (clássica e frequentista). Todos esses conteúdos complementam o arcabouço mínimo que um estudante de Engenharia deve possuir para utilizar apropriadamente os conceitos metrológicos concernentes à validação de métodos de medição.

Validação pode ser definida como “verificação na qual os requisitos especificados são adequados para um uso pretendido” (INMETRO, 2012a, p. 30) ou como a “confirmação por exame e fornecimento de evidência objetiva de que os requisitos específicos para um determinado uso pretendido são atendidos” (ABNT NBR ISO/IEC 17025, 2005, p. 15).

Em relação aos métodos de medição, quando normalizados, isto é, quando estão detalhadamente descritos em uma norma técnica, o técnico pode prescindir de sua validação. Entretanto, tecnicamente falando, é pouco provável que uma norma técnica apresente todos os detalhes necessários para a realização completa de um método. A descrição pormenorizada da realização prática de um método deve constar em um procedimento de medição, denominado “Procedimento Operacional Padrão” (POP) em algumas áreas. Assim sendo, para um método ser utilizado em um determinado laboratório ou unidade profissional, ele deve ter sido validado para o uso pretendido.

Apenas após a validação do método, o técnico executor será capaz de assegurar quais são os limites de aplicação do método para sua infraestrutura particular (sistema de medição, condições ambientais, espaço físico, características da rede de fornecimento de energia elétrica, entre outras variáveis tecnicamente relevantes). Os limites da aplicação do método têm parâmetros de desempenho definidos no DOQ-CGCRE-008:

- Seletividade: capacidade de identificar a variável de interesse na presença de outras variáveis potencialmente concorrentes;
- Linearidade: capacidade de o método responder linearmente às variáveis de interesse;
- Limite de detecção: menor valor da variável que o método é capaz de detectar (normalmente associada ao ruído de fundo e depende diretamente da seletividade do método);
- Limite de quantificação: menor valor da variável que o método é capaz de quantificar com precisão e exatidão aceitáveis (relacionada ao início da faixa linear de trabalho);
- Erro de medição: desvio do valor medido em relação a uma referência ou padrão (definido como tendência/recuperação no DOQ-CGCRE-008);
- Precisão: grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas; as condições especificadas podem ser condições de repetibilidade, condições de precisão intermediária ou condições de reprodutibilidade; em geral, a precisão é quantificada pelo coeficiente de variação;
- Robustez: capacidade do método em não ser afetado por pequenas variações nos parâmetros de execução do método; fornece uma indicação da confiabilidade do método durante uma aplicação rotineira (INMETRO, 2016).

Em qualquer medição, sempre haverá uma dúvida sobre o valor medido. Os próprios princípios fundamentais da Metrologia geram essa incerteza, quer seja pela completa indefinição do objeto a ser medido chamado de mensurando no VIM (INMETRO, 2012a), quer seja por aproximações matemáticas do mundo físico real, por imperfeições do sistema de medição, inadequação do método utilizado, ou mesmo pela imperícia do técnico executor. Não há medição absolutamente exata. Quem diz que faz uma medição cujo valor medido tem incerteza zero, ou está medindo errado ou não sabe do que está falando (muitas vezes, ambos os casos).

O problema de uma medição não é, em princípio, ter uma incerteza associada. O problema reside em não saber estimar a incerteza de medição. Possivelmente, a estimativa da incerteza de medição é uma das disciplinas mais importantes em Metrologia. Diversos autores e documentos técnicos foram gerados sobre o assunto (ABACKERLI *et al.*, 2015; ALBERTAZZI JR; SOUSA, 2008; COSTA-FELIX; BERNARDES, 2017; INMETRO, 2012c e 2012d; MENDES; ROSARIO, 2005). É importante destacar que a incerteza pode ser estimada não apenas em casos de Metrologia clássica, envolvendo sistemas de medição e grandezas físicas, químicas ou biológicas, mas também em outras áreas do conhecimento, como pesquisas que empregam questionários como instrumento de extração de dados.

A quantificação da incerteza pode empregar técnicas estatísticas variadas, sendo que, para o caso de validação de questionários, a estatística mais aceita é o Coeficiente Alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951). A precisão de uma medição pode ser quantificada, segundo os conceitos metrológicos de consenso, por meio de medidas de dispersão (OLIVEIRA; COSTA-FELIX, 2017). Entretanto, a precisão não exprime o completo conjunto de parâmetros que podem incutir no resultado de medições uma dúvida sobre seu valor verdadeiro. A incerteza é o parâmetro que permite estimar, com certa probabilidade de abrangência, em que região em torno do valor medido está o valor verdadeiro do mensurando. A estimativa da incerteza permite avaliar a qualidade do resultado experimental do trabalho do engenheiro e não deve ser desprezada em um trabalho tecnicamente confiável.

4.3 Programas de Pós-graduação em Engenharia que realizam pesquisas na área de Metrologia

O trabalho realizado por Alves para mapear o ensino formal de Metrologia no Brasil identificou, em um levantamento no Banco de Teses Capes, 30 Programas de Pós-Graduação que desenvolvem pesquisas na área de Metrologia em 14 áreas de conhecimento (ALVES, 2017).

Cinco dos 10 Programas de Pós-Graduação com linhas de pesquisa em Metrologia são Programas de Pós-Graduação em Engenharia. Entre os 18 Programas de Pós-Graduação com dissertações e teses em temas de Metrologia, 10 são Programas de Pós-Graduação em Engenharia.

A Engenharia Mecânica é o curso de Engenharia com mais linhas de pesquisa e teses/dissertações sobre metrologia.

Os quadros 1 e 2 organizam as informações sobre os Programas de Pós-Graduação em Engenharia identificados. Esses dados mostram a aproximação e a interação já existente entre as duas áreas de conhecimento. Também, é possível identificar o reconhecimento, pela Engenharia, da importância da Metrologia para a realização de projetos de pesquisa específicos.

QUADRO 1 – PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA COM LINHAS DE PESQUISA SOBRE METROLOGIA		
Nome do Programa de Pós-Graduação	Instituição	Linhas de pesquisa
Engenharia de Sistemas e Automação	Universidade Federal de Lavras (UFLA/MG)	Processamento de sinais, instrumentação e visão de máquina (tópico Metrologia)
Engenharia Mecânica	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG/MG)	Metrologia e análise experimental em Bioengenharia

Engenharia Mecânica	Universidade de São Paulo/São Carlos (USP/SP)	Dinâmica de Máquinas e Sistemas (tópico Metrologia de tempo e frequência; Projeto Mecânico (tópico Metrologia)
Engenharia Mecânica	Universidade Federal da Paraíba (UFPB/PB)	Metrologia assistida por computador
Engenharia Mecânica	Universidade Federal De Santa Catarina (UFSC/SC)	Metrologia e Instrumentação

Fonte: adaptado de Alves (2017).

QUADRO 2 – PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA COM TESES E DISSERTAÇÕES EM TEMAS DE METROLOGIA AGRUPADOS POR UNIVERSIDADE

INSTITUIÇÃO	PROGRAMAS
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/RS)	Engenharia de Produção
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI/MG)	Engenharia de Produção Engenharia Mecânica
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMINAS/MG)	Engenharia Mecânica
Universidade Federal Fluminense (UFF/RJ)	Engenharia Mecânica
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES/ES)	Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE/PE)	Engenharia Elétrica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP/SP)	Engenharia Civil
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/RJ)	Engenharia Biomédica
Universidade Federal da Bahia (UFBA/BA)	Engenharia Industrial

Fonte: adaptado de Alves (2017)

Programas de Pós-Graduação em Engenharia são as principais experiências brasileiras de reconhecimento da Metrologia como uma área do conhecimento que demanda uma formação rigorosa e que permite o desenvolvimento de pes-

quisas específicas. É fundamental identificar os profissionais e os projetos relacionados com as linhas de pesquisa em metrologia dos programas e com as dissertações e teses defendidas sobre o tema para constituir e reconhecer a comunidade interessada.

4.4 Atividades educacionais nas instituições da infraestrutura da qualidade dos Estados membros do BIPM na América do Sul

Para coordenar a ação e a melhoria do sistema mundial de medição, a fim de garantir a exatidão e a comparabilidade dos resultados, existe o BIPM, um órgão mundial localizado na França (BIPM, 2017a – *The role and objectives of the BIPM*).

Os Estados membros do BIPM localizados na América do Sul são Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Uruguai e Venezuela (BIPM, 2017b – *Member States*). Com exceção da Venezuela, ao clicar no nome de cada um dos países, uma das categorias de informação é *Quality Infrastructure*, em que há a lista de todas as instituições participantes.

A pesquisa exaustiva nos sites dessas instituições identificou 25 instituições que desenvolvem atividades educacionais. Entretanto, apenas um curso relacionado diretamente com a Engenharia foi identificado. Esse curso é oferecido em nível de graduação pelo Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) da Argentina e se chama *Ingeniería Industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial* (ALVES; GRANJEIRO, 2017). O objetivo do curso é formar engenheiros industriais com alta idoneidade para entender a eficiência dos processos industriais, assegurar e avaliar a qualidade dos produtos, atendendo às prioridades sociais e ambientais que devem ser respeitadas nos ambientes produtivos (ARGENTINA, 2017).

4.4.1 Curso de *Ingeniería Industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial*

O curso é descrito como uma iniciativa para desenvolver uma sólida formação sobre a organização e a medição relacionadas a todas as etapas dos processos produtivos, com ênfase tanto nos aspectos de Gestão da Qualidade quanto nos processos de Medição e Ensaio. O curso foi considerado prioritário dentro do *Plan Bicentenario de la Secretaría de Políticas Universitarias*, cujo objetivo é apoiar e promover os cursos que contribuam para o desenvolvimento científico e tecnológico da Argentina (ARGENTINA, 2017b)

A organização curricular do curso prevê 4304 horas de aula empregadas em 40 disciplinas obrigatórias (3584 horas), disciplinas eletivas (320 horas), estágio supervisionado (200 horas) e projeto final (200 horas), distribuídos em 11 quadrimestres durante cinco anos e meio. A estrutura curricular do curso é mostrada no quadro 3 (ARGENTINA, 2017a).

Quadro 3a – Estrutura curricular do curso do INTI de *Ingeniería industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial*

Quadrimestre	Disciplina	CH semanal (h)
1	<i>Introducción al Análisis Matemático</i>	8
	<i>Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>	4
	<i>Química General</i>	8
	<i>Introducción a la Informática</i>	4
2	<i>Cálculo I</i>	6
	Álgebra y Geometría analítica I	6
	<i>Física I</i>	8
	<i>Sistemas de representación gráfica</i>	4
3	<i>Cálculo II</i>	8
	Álgebra y Geometría analítica II	4
	<i>Física II</i>	8
	<i>Introducción a la Calidad</i>	4
4	<i>Estática y Resistencia de Materiales</i>	6
	<i>Probabilidad y Estadística</i>	4
	<i>Física III</i>	8
	<i>Calculo Avanzado</i>	6
5	<i>Materiales</i>	8
	<i>Mecanismos</i>	4
	<i>Microeconomía</i>	4
	<i>Métodos numéricos</i>	4
	<i>Estadística Técnica</i>	4
6	<i>Electrotecnia General</i>	8
	<i>Organización Industrial</i>	6
	<i>Introducción a la Metrología</i>	6
	<i>Macroeconomía</i>	4
7	<i>Automatización y Control</i>	6
	<i>Termodinámica y Mecánica de los Fluidos</i>	6
	<i>Procesos Industriales I</i>	6
	<i>Metrología I</i>	6
8	<i>Instalaciones Industriales</i>	6
	<i>Metrología II</i>	6
	<i>Gestión de la Calidad</i>	6
	<i>Procesos Industriales II</i>	6

Fonte: elaborado pelos autores, com informações de ARGENTINA (2017a).

Quadro 3b (continuação) – Estrutura curricular do curso do INTI de *Ingeniería industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial*

Quadrimestre	Disciplina	CH semanal (h)
9	<i>Calidad en la industria de Alimentos</i>	4
	<i>Calidad en la Industria Química</i>	4
	<i>Calidad en la Industria Metalmeccánica</i>	4
	<i>Investigación Operativa</i>	6
	<i>Higiene y Seguridad Ambiental y Laboral</i>	4
10	<i>Ingeniería Ambiental</i>	4
	<i>Electivas</i>	12
	<i>Práctica profesional supervisada</i>	12,5
11	Ética y ejercicio profesional	4
	<i>Electivas</i>	8
	<i>Proyecto final integrador</i>	12,5

Fonte: elaborado pelos autores, com informações de ARGENTINA (2017a).

Três disciplinas são específicas sobre Metrologia e aparecem a partir do sexto quadrimestre. A carga horária de cada disciplina é de 96 horas por quadrimestre, distribuídas por 6 horas semanais e o total é de 288 horas de aulas obrigatórias sobre Metrologia no curso. Suas ementas e pré-requisitos são mostrados no quadro 4 (ARGENTINA, 2017c – *CONTENIDO DE LAS ASIGNATURAS*).

Quadro 4 – Características das disciplinas específicas sobre Metrologia do curso do INTI *Ingeniería Industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial*

Nome	Pré-requisitos	Ementa resumida
Introdução à Metrologia	Física III Probabilidade e Estatística	Vocabulário Internacional de Metrologia, Sistema Internacional de Unidades, Incerteza de medição; Materiais de referência; BIPM; organizações metroológicas nacionais Acreditação de laboratórios de calibração
Metrologia I	Introdução à Metrologia Mecanismos	Medições de massa, volume, densidade, dureza, força e pressão. Metrologia dimensional.
Metrologia II	Introdução à Metrologia Eletrotécnica geral	Medições elétricas, de temperatura, ópticas. Gestão da qualidade em laboratórios (ISO 17025)

Fonte: elaborado pelos autores, com informações de ARGENTINA (2017c).

Os pré-requisitos de cada uma das disciplinas evidenciam a característica pluridisciplinar da Metrologia, conforme definição de Michaud e Jantsch. Os auto-

res informam a constituição da pluridisciplinar pela justaposição de diversas disciplinas mais ou menos vizinhas nos domínios do conhecimento, situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo que façam aparecer as relações existentes entre elas (APOSTEL *et al.*,1973 *apud* FAZENDA, 2002).

Além disso, é interessante ressaltar que Metrologia I não é pré-requisito para Metrologia II.

O curso de graduação do INTI mostra a viabilidade de desenvolver uma nova especialidade de formação dentro da Engenharia Industrial com ênfase em Metrologia e Qualidade. As ementas das três disciplinas de Metrologia podem servir de modelo para propostas de criação de novas disciplinas.

A identificação das cargas horárias dessas três disciplinas ressalta o caráter modesto das disciplinas criadas pelo Inmetro, que podem ser vistas como disciplinas introdutórias com o objetivo de traçar um panorama mais geral e superficial dos temas Metrologia e Qualidade. Por essa razão, não parecem ser modelos adequados para cursos de graduação em Engenharia. Entretanto, é importante ressaltar que os materiais produzidos para essas disciplinas são recursos educacionais importantes que ajudarão a construir propostas de disciplinas mais robustas.

4.5 O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação em Metrologia

A educação em Metrologia, em acordo com as novas perspectivas educacionais atuais, requer iniciativas que estejam adequadas ao novo perfil do alunado e às exigências de uma cobertura que vá muito além das possibilidades criadas pela existência de instalações físicas. A implantação de instituições e laboratórios requer um tempo maior e é em geral onerosa. A disponibilização de repositórios de conteúdo é fundamental para resolver essa lacuna.

Laboratórios remotos ou laboratórios virtuais podem se mostrar como uma solução bastante vantajosa, permitindo aos alunos o acesso a experimentos e um contato com técnicas e métodos presentes em processos de medição.

A elaboração do Laboratório Virtual de Metrologia levou em conta os elementos básicos exigidos em processos experimentais reais. Disponível num Banco com diversos outros Objetos de Aprendizagem, essa ferramenta poderá ser útil para professores e alunos no sentido de melhoria de sua formação básica, formação hoje exigida para profissionais em sintonia com o mundo da tecnologia.

As pesquisas e a experiência têm consistentemente mostrado que os conceitos são aprendidos melhor quando eles crescem em uma variedade de contextos, são representados em uma variedade de formas, quando os alunos têm chance de usar os conceitos em tarefas autênticas e praticar experiências (MAYER; MORENO, 2002). A não ser que os alunos sejam possibilitados e encorajados a fazer experiências várias vezes em diferentes contextos, eles terão dificuldade para aprender a pensar criticamente, analisar informações, comunicar ideias cien-

tíficas, criar argumentos lógicos, trabalhar como parte de uma equipe e adquirir outras habilidades desejáveis.

Esta nova concepção tem melhorado os programas de ensino, principalmente das áreas de Ciências e Matemática, fazendo com que se tornem interessantes, autênticos e sustentáveis. Interessante porque o estudante participa do processo de aprendizagem não só como receptor de conhecimento. Autêntico porque o estudante aprende conteúdos úteis para ele como pessoa, como membro de uma sociedade e como trabalhador em um mercado competitivo. Sustentável com o uso de meios modernos para aprender em todo o curso de sua vida.

Propostas de desenvolvimento de material para o ensino de metrologia têm surgido nos últimos anos, seja de laboratórios remotos (RESTIVO *et al.*, 2009) ou laboratórios virtuais (REGTIEN *et al.*, 2004; AL-ZAHRANI, 2010), em sintonia com a Sessão Dirigida “Laboratórios remotos no Ensino da Engenharia” realizada no COBENGE 2016.

Um aspecto destacado na Sessão é a contraposição entre experimentos remotos e virtuais no trabalho de Alves e Silva (2016):

A diferença entre os laboratórios remotos e virtuais está estabelecida na natureza do recurso acessado. No caso dos laboratórios remotos, os utilizadores acessam a equipamentos e dispositivos reais e as respostas são obtidas através da natureza física destes. No caso dos laboratórios virtuais, a resposta advém de modelos computacionais desses mesmos elementos, ou seja, simulações computacionais. [...]. Pretende-se focalizar os laboratórios remotos, pela relevância da natureza real dos resultados obtidos na realização das experiências remotas. (ALVES; SILVA, 2016, p.)

O elemento-chave de discussão é, portanto, o que os autores chamam de natureza real dos experimentos remotos. Os simuladores em geral são reproduções de equações ou modelos matemáticos que descrevem o fenômeno real. Em geral são produzidos de forma que, dado um *input* A , obtém-se o *output* B . A uma entrada $A+\delta A$ corresponde uma resposta $B+\delta B$. Como em geral a resposta é calculada, não reproduzindo a natureza real de um experimento, repetida a entrada obtém-se a mesma resposta. Isso faz com que os simuladores ou laboratórios virtuais sejam limitados para a reprodução de processos realizados em laboratório, em que erros aleatórios incontroláveis são presentes e métodos de tratamento para cálculo de incertezas necessários.

A partir dos elementos básicos de discussão sobre aprendizado em disciplinas experimentais é que desenvolvemos o projeto do Laboratório Virtual de Metrologia, hoje implantado no Banco de Objetos de Metrologia projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e imple-

mentado pela Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM, 2016).

Objetos de Aprendizagem (OA) são recursos multimídia interativos, na forma de animações, com tópicos centralizados onde as vantagens únicas da tecnologia eletrônica (incluindo a habilidade de demonstração, simular, analisar quantitativamente etc.) podem ser utilizadas. Os Objetos podem ser construídos num único formato (uma animação), ou podem ser uma combinação de variados formatos (vídeo, áudio, animação).

O laboratório virtual de Metrologia tem o propósito de melhorar a aprendizagem da Metrologia, particularmente no ensino profissional e médio, aproveitando o potencial das tecnologias de informação e a familiaridade dos alunos com elas. Os Objetos contemplam as seguintes características:

- Atividades que levam o aluno a realmente “fazer”, experimentar com objetos físicos e simulados e construções matemáticas antes de aprender conceitos abstratos;
- Centralizados em conceitos básicos, nos processos de pensamento crítico e nas habilidades necessárias para criar e recriar os conceitos e as relações em seus pensamentos;
- Permitem ao aluno explorar, descobrir, discutir e construir significativamente os conceitos e relações em contextos que envolvem problemas e projetos do mundo real que são relevantes e interessantes ao aluno e à sua situação de trabalho;
- O laboratório virtual de Metrologia foi desenvolvido dentro do mapa de currículo e conceitos levantados no Inmetro, o que influencia sua produção, quanto ao seu conteúdo e abordagem pedagógica;
- Os Objetos de Aprendizagem devem ser desenhados para obter o melhor uso do potencial e dos recursos da Internet.

Cada experimento contém um Guia para o Aluno e um Guia para o Professor que oferecem instruções detalhadas sobre os conceitos explorados no OA para o professor que não é familiarizado com o conteúdo. Os guias são criados como uma fonte de enriquecimento do professor – educação continuada e atualização de habilidade – e fornecem dicas de como usar o objeto de aprendizagem.

Como resultado desse projeto estão disponíveis os seguintes objetos no Banco de Objetos de Metrologia:

Quadro 5 – Títulos e descrição de objetos de aprendizagem presentes no Laboratório Virtual de Metrologia

OD	Título	Descrição	Saberes trabalhados
1	Introdução à Metrologia	OA que discute o que é medir e para quê medir, ressaltando a importância da medição ao longo da história. Faz também uma introdução ao fato de que errar é inevitável, mas que o erro pode ser minimizado.	Medição, mensurando, processo de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos.
2	Errar é inevitável – influência do operador 1	Determinação do tempo de ação e de reação do operador frente a um estímulo visual. Discussão de exemplos reais (como são disparados os cronômetros nas competições olímpicas?)	Processo de medição, instrumento de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos, minimização de erros.
3	Errar é inevitável – influência do operador 2	Determinação do tempo de ação e de reação do operador frente a um estímulo auditivo. Discussão de exemplos reais (como são disparados os cronômetros nas competições olímpicas?)	Processo de medição, instrumento de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos, minimização de erros.
4	Errar é inevitável – influência do operador 3	Efeito da postura do operador frente ao instrumento de medição durante o processo de aferição do volume de um líquido em um Erlenmeyer. Influência do instrumento de medição escolhido no resultado obtido para um volume conhecido de um líquido.	Processo de medição, instrumento de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos, minimização de erros.
5	Errar é inevitável – influência do ambiente 1 (temperatura)	Aferição da espessura de uma lâmina de alumínio em diferentes pontos em um ambiente no qual não existe controle de temperatura	Processo de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos, minimização de erros, dilatação térmica.

6	Errar é inevitável – influência do ambiente 2 (trepidação e umidade)	Aferição de uma massa conhecida em uma balança eletrônica colocada em um ambiente sujeito a trepidações devido à passagem de veículos pesados. Aferição de uma massa hidrofílica conhecida em uma balança colocada em um ambiente que não possui controle de umidade.	Processo de medição, resultado de medição, erros aleatórios e sistemáticos, minimização de erros.
7	Calculadora estatística	Uso das funções estatísticas da calculadora, na determinação do comprimento de área de uma folha A4.	Valor médio, incerteza, incerteza-padrão da média e relativa, desvio padrão da amostra e da média.
8	Calibração	Balança a ser calibrada a partir de um conjunto de massas conhecidas para aferição de uma massa desconhecida.	Caraterização de erros sistemáticos e aleatórios, processo de calibração, determinação de resultados de medição, combinação de incertezas.
9	Classificação de discos	Conjunto de 30 discos para serem classificados a partir de um disco padrão, da utilização de um paquímetro e de uma calculadora estatística.	Caraterização de erros sistemáticos e aleatórios, determinação de resultados de medição, controle de qualidade.
10	Calibração direta de voltímetro digital	Voltímetro digital a ser calibrado por meio do uso de uma fonte de tensão padrão e do uso de uma calculadora estatística.	Caraterização de erros sistemáticos e aleatórios, calibração direta, determinação de resultados de medição, combinação de incertezas.
11	Calibração indireta de voltímetro digital	Voltímetro digital a ser calibrado a partir do uso de um voltímetro digital de referência, de uma fonte de tensão analógica e de uma calculadora estatística.	Caraterização de erros sistemáticos e aleatórios, calibração indireta, determinação de resultados de medição, combinação de incertezas.

Fonte: elaborado pelos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devemos, portanto, investir na formação do engenheiro, abordando no seu currículo conhecimentos que o ajudarão a imprimir em suas atividades a confiabilidade metrológica, transmitindo certeza e confiança nos resultados obtidos. A confiabilidade metrológica permite ao engenheiro desenvolver suas atividades com segurança e com boa qualidade, desenvolvendo um produto final confiável, seguro e econômico, respeitando o consumidor final.

Para uma formação completa e adequada do engenheiro, as instituições de ensino devem incluir a disciplina Metodologia da Pesquisa Científica, com esta denominação ou outra, mas que contemple um conteúdo programático adequado. Em diversos tópicos da Metodologia da Pesquisa, o conteúdo se comunga com conceitos e práticas da Metrologia. A aproximação entre a Metrologia e a Metodologia da Pesquisa pode proporcionar a boa realização desta atividade técnica.

A educação em Metrologia, em acordo com as perspectivas educacionais atuais, requer iniciativas que estejam adequadas ao novo perfil do alunado e às exigências de uma cobertura que vá muito além das possibilidades criadas pela existência de instalações físicas. A implantação de instituições e laboratórios requer um tempo maior e é em geral onerosa. A disponibilização de repositórios de conteúdos e de laboratórios virtuais é útil para ampliar o acesso a conteúdo atualizados.

A comunidade interessada no ensino de Metrologia necessita se encontrar para discutir e propor modelos de disciplinas e cursos que respondam aos anseios de formação em Metrologia e contribuam para a qualidade do profissional engenheiro. A interação entre as duas áreas do conhecimento pode contribuir para a superação do modelo pluridisciplinar de organização de cursos na educação brasileira, em direção a um modelo interdisciplinar. O modelo interdisciplinar é entendido como interação entre duas ou mais disciplinas por meio de comunicação de ideias até integração mútua dos conceitos diretores –

epistemologia, terminologia, metodologia, procedimentos, dados e organização.

Iniciativas já existentes podem servir de ponto de partida para a discussão sobre a aproximação entre o ensino de Metrologia e a formação do profissional engenheiro. A Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (Brasil) e o *Instituto Nacional de Tecnología Industrial* (Argentina) foram identificadas como instituições com experiências robustas de ensino de Metrologia em cursos de Engenharia.

6. BIBLIOGRAFIA

ABACKERLI, A. J. *et al.* **Metrologia para a qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

AL-ZAHRANI, F. Web-Based Learning and Training for Virtual Metrology Lab. *Journal of Telecommunications*, v. 1, n. 2, 2010. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1003/1003.5635.pdf> Acesso em: 24 nov. 2017

ALBERTAZZI JR, A. G.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**. Barueri: Editora Manole, 2008.

ALDER, K. **The measure of all things: the seven-year odyssey and hidden error that transformed the world**. New York: Free Press, 2002

ALVES, G. R.; SILVA, J. B. Laboratórios Remotos no Ensino da Engenharia. **Anais... XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Natal – RN: COBENGE 2016. Disponível em : <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/3/anais/SD_anais/SD01_Gustavo_Juarez.pdf> Acesso em: 24 nov. 2017

ALVES, L. S. O Ensino de Metrologia no Brasil. In: COSTA-FELIX, R. P. B.; BERNARDES, A. T. (Orgs.). **Metrologia vol. 1: Fundamentos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2017. p.137-168.

ALVES, L. S.; GRANJEIRO, J. M. **Thinking the Future: Development of Metrology Education in Brazil**. IMEKO TC1-TC7-TC13 Symposium: “Measurement Science Challenges in Natural and Social Sciences”. Rio de Janeiro, 2017.

APOSTEL, L. *et al.* L'Interdisciplinarité: problemes d'enseignement et de recherche dans les universities. Nice: OCDE, 1972. In: FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro – efetividade ou ideologia**. São Paulo: Edições Loyolla, 2002.

ARGENTINA; Instituto de la Calidad industrial (INTI). Ingeniería Industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial. **Plan de estudios**. 2017a. Disponível em : <http://www.inti.gov.ar/incalin/pdf/planIngenieria.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2017.

ARGENTINA; Instituto de la Calidad industrial (INTI). Ingeniería Industrial con Orientación en Eficiencia y Calidad Industrial. 2017b. Disponível em: <<http://www.inti.gov.ar/incalin/ingenieria.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

ARGENTINA; Instituto de la Calidad industrial (INTI). Ingeniería Industrial con orientación en eficiencia y calidad industrial. **Contenido minimo de las asignaturas**. 2017c. Disponível em: <<http://www.inti.gov.ar/incalin/pdf/ContenidoIngenieria.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT **NBR ISO 10012**. Sistema de Gestão de Medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10719**: Informação e documentação – Relatório técnico e/ou científico – apresentação. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15287**: Informação e documentação – projeto de pesquisa – apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025**: Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Rio de Janeiro, 2005.

BERNARDES, A. T. *et al.* A importância da Metrologia e avaliação da conformidade na formação dos engenheiros. **Anais... XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Recife – PE: COBENGE 2009.

BERNARDES, A. T. *et al.* A proposta do Inmetro para disseminação da Metrologia e Avaliação da Conformidade na graduação em Engenharia nas modalidades presencial e EAD. **Anais... XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Blumenau – SC: COBENGE 2011.

BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. Educação não-formal. **Cienc. Cult.** v. 57, n. 4, 2005. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000400013>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **LEI Nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002.

BRASIL. Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PIT-CE). 2003. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Diretrizes_PITCE.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. **Tecnologia industrial básica**: trajetória, desafios e tendências no Brasil / Ministério da Ciência e Tecnologia, Confederação Nacional da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto Euvaldo Lodi. Brasília: MCT; CNI; SENAI/DN; IEL/NC, 2005.

BRASIL. **Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)**. 2007. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Livreto%20lançamento%20PDP.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO). Comitê Brasileiro de Metrologia (CBM). **Diretrizes estratégicas para a Metrologia brasileira 2008-2012**. 2008. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/diretrizesEstrategicas.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. **Plano Brasil Maior (PBM)**. 2010a. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Plano%20Brasil%20Maior%20-%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Consolidação das recomendações da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável; Conferências Nacional, Regionais e Estaduais e Fórum Municipal de C,T&I. Brasília.

2010b. Disponível em: <<https://goo.gl/AI9MQc>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde; Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos; Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretrizes Metodológicas:** elaboração de revisão sistemática e metanálise de estudos de acurácia diagnóstica. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO). Comitê Brasileiro de Metrologia (CBM). **Diretrizes estratégicas para a Metrologia brasileira 2018-2022.** 2017. Disponível em : <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000261.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). **The role and objectives of the BIPM.** 2017a. Disponível em: <<http://www.bipm.org/en/about-us/role.html>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). **Member States.** 2017b. Disponível em: <<http://www.bipm.org/en/about-us/member-states/>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

CHAVES, A.; SHELLARD, R. C. **Física para o Brasil:** Pensando o Futuro. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaBrasil_Dez05.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2017.

COOMBS, P. H.; PROSSER, R. C.; AHMED, M. New Paths to Learning for Rural Children and Youth. International Council for Educational Development for UNICEF, 1973. In: PASTOR HOMS, M. I. Orígenes y evolución del concepto de educación no formal. **Revista Española de Pedagogia** v. 220, 2001. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/23701.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. **Projeto de Pesquisa** – entenda e faça. Petrópolis: Vozes, 2011

COSTA-FELIX, R. P. B.; BERNARDES, A. T. (Orgs.). **Metrologia vol. 1:** fundamentos. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2017.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v.16, n.3, 1951, pp 297-334.

DIAS, J. L. M. **Medida, Normalização e Qualidade** – aspectos da história da Metrologia no Brasil. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998.

DUARTE, M. **Estatística.** InfoEscola – navegando e aprendendo. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/matematica/estatistica/>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

ECO, U. **Obra aberta.** São Paulo: Perspectiva, 2013.

FAZENDA, I.; TAVARES, D.; GODOY, H. **Interdisciplinaridade na pesquisa científica.** Campinas: Papyrus, 2015.

FERNANDES, W. A. **O movimento da qualidade no Brasil.** Duque de Caxias: INMETRO, 2011.

FROTA, M. N.; FINKELSTEIN, L. Educação em Metrologia e instrumentação: demanda qualificada no ensino das Engenharias. **Revista de Ensino de Engenharia,**

v. 25, p. 49-65, 2006. Disponível em URL: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/revista/index.php/abenge/article/view/36/18>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, H. A. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Avercamp, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia**: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias: INMETRO, 2012a.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Sistema Internacional de Unidades** – SI. Duque de Caxias: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012b.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Avaliação de dados de medição**: guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Duque de Caxias: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012c.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Avaliação de dados de medição** – uma introdução ao ‘guia para a expressão de incerteza em medição’ e documentos correlatos. Duque de Caxias: INMETRO, 2012d.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Coordenação geral de Acreditação (CGCRE). Orientação sobre validação de métodos analíticos (DOQ-CGCRE-008). **Rev. 05**. Duque de Caxias: INMETRO, 2016.

KACKER, R.; SOMMER, K. D.; KESSEL, R. Evolution of modern approaches to express uncertainty in measurement. **Metrologia**, v. 44, p. 513-529, 2007.

MAYER, R. E.; MORENO, R. Animation as an Aid to Multimedia Learnin. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 1, March 2002.

MENDES, A.; ROSÁRIO, P. P. **Metrologia & incerteza de medição**. São Paulo: Editora EPSE, 2005.

OLIVEIRA, J. C. V.; COSTA-FELIX, R. P. B. Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM). In: COSTA-FELIX, R. P. B.; BERNARDES, A.T. (Orgs.). **Metrologia vol. 1**: fundamentos. Rio de Janeiro: Brasport, 2017. p. 44-59.

PASTOR HOMS, M. I. Orígenes y evolución del concepto de educación no formal. **Revista Española de Pedagogia**, v. 220, 2001. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/23701.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1974.

PROETTI, S. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Edicon, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A Guide to the Project Management Body of Knowledge** (PMBOK Guide), 2013.

REGTIEN, P. P. L *et al.* A New Modern Tool for Education in Measurement and Me-

trology. **Proceedings...** International Conference on Engineering Education and Research “PROGRESS Through Partnership”, Olomouc/Czech Republic: Technical University of Ostrava, 2004.

RESTIVO, M. T. *et al.* A Remote Laboratory in Engineering Measurement. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 56, n. 12, 2009.

SANTOS, L. A. S.; ALVES, L. S. A disciplina Fundamentos da Metrologia e da Avaliação da Conformidade: proposta para cursos de Engenharia na Universidade Federal de São Carlos. **Anais...** SIED:EnPED - Simpósio Internacional de Educação a Distância e Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. São Carlos: UFSCAR, 2012. Disponível em: <<http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/index.php/sied/article/view/148/67>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE METROLOGIA (SBM). **Banco de objetos de Metrologia**, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.bom.org.br:8080/jsui/>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

Capítulo VI

INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA VOLTADA À CRIAÇÃO DE UM PLANO ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL

José Silvério Edmundo Germano
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

José André Peres Angotti
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Cassiano Zeferino de Carvalho Neto
Instituto Galileo Galilei para a Educação – IGGE
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Marinez Cargnin-Stieler
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

Simone Leal Schwertl
Universidade Regional de Blumenau – FURB

Maria Helena Campos Soares de Mello
Universidade Federal Fluminense – UFF

Iago Felício Dornelas
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Elizabethete Ribeiro Sanches da Silva
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

André Gustavo Schaeffer
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – *Campus* Erechim

Priscila Freitas-Lemes
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

Douglas Carlos Vilela
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	162
2. INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, COM SUPORTE DO MODELO DE EDUCAÇÃO 4.0	163
2.1 Objetivos.....	163
2.2 Aspectos teórico-metodológicos.....	163
2.3 Pilar da Educação 4.0: o Modelo Sistêmico de Educação (MSE).....	164
2.4 Descrição sucinta de uma proposta para inovação na Educação em Engenharia	166
2.5 Considerações.....	167
3. CONTRIBUIÇÕES ARTICULADAS AO TEMA.....	168
3.1 Inovações pedagógicas na Educação em Engenharia	168
3.1.1 Introdução.....	168
3.1.2 Concepções dos professores e o fazer pedagógico.....	169
3.1.3 Engenheirandos e Matemática Básica	170
3.1.4 Considerações	171
3.2 Competências e habilidades de professores considerados excelentes.....	171
3.2.1 Introdução... ..	171
3.2.2 Teacher Behavior Checklist – TBC.....	171
3.2.3 Metodologia.....	172
3.2.4 O questionário	172
3.2.5 Resultados	172
3.2.6 Considerações.....	175
3.3 Ensino de algoritmos em Engenharias: desafios na educação popular	175
3.3.1 Introdução.	175
3.3.2 Algoritmos, ensino e aprendizagem	175
3.3.3 Prática docente e investigação	177
3.3.4 Considerações.....	178
3.4 Laboratório de Física no curso de Engenharia do ITA com aplicação da metodologia PBL.....	179
3.4.1 Introdução.	179

3.4.2 Testando a proposta.....	179
3.4.3 Discussão e resultados.....	180
3.4.4 Considerações.....	181
3.5 Proposta de Sistema Web referente a estilos de aprendizagem.....	182
3.5.1 Introdução.	182
3.5.2 Resultados obtidos.....	183
3.5.3 Considerações.....	184
4. SÍNTESE DA DISCUSSÃO	185
5. BIBLIOGRAFIA.....	185

Capítulo VI

INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA VOLTADA À CRIAÇÃO DE UM PLANO ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL

1. INTRODUÇÃO

A Sessão Dirigida (SD) “Inovação na Educação em Engenharia: uma abordagem sistêmica voltada à criação de um plano estratégico institucional” foi proposta por um grupo de docentes do ITA e da UFSC, aprovada pelo Comitê Científico do COBENGE 2017 e desenvolvida no dia 28/09/2017, entre os períodos 14h-16h e 16h30-18h. Os seis trabalhos da SD foram inicialmente apresentados em sequência, cada um durante cerca de 10 minutos, seguido de questões e sugestões pontuais dos presentes, por mais cinco minutos. Em seguida foi aberta a discussão no sentido mais amplo, crítico e construtivo, com intensa participação e envolvimento dos presentes, um número próximo a 50 pessoas.

Os trabalhos apresentados nesta SD versaram sobre diferentes aspectos relativos ao tema, identificado com a proposta de um modelo de “Educação 4.0”. Desde a questão diagnóstica em relação a estilos de aprendizagem, de docentes considerados excelentes e do porquê e para quem inovar na educação em Engenharia até as contribuições mais objetivas de investigações e experiências que deram certo e que não deram certo. Foi uma SD rica que promoveu um valioso debate com sugestões e comentários pertinentes entre os autores e demais presentes.

Pretende-se também provocar reflexões sobre porquê estamos em busca de inovações pedagógicas nos cursos de Engenharia e para quem, ou seja, para o professor ou para o estudante? Ou para os dois sujeitos epistêmicos? Ou ainda, estamos procurando inovações tendo como foco o refinamento das formas de “transmissão de conteúdos” ou estamos atentos aos processos de construção de conhecimento do estudante e, conseqüentemente, como ele se apropria desse conhecimento?

“Entre os desafios do cotidiano enfrentados pelo professor, reconhece-se a permanente evolução do conhecimento e da tecnologia, bem como o impacto desse desenvolvimento nos processos de ensino e de aprendizagem” (GRILLO, M. C.; GESSINGER, 2008, p. 39). As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) constituem um marco para a inovação e para a transformação das novas reflexões e práticas pedagógicas, assim como para a divulgação de informação, de conhecimento para todos os estudantes dos vários níveis de escolaridade e também para entretenimento de indivíduos e grupos em rede, comunicação de fácil acesso, independente da distância física entre as pessoas. De um lado ela pode contribuir para promover rupturas nas formas de ensinar e aprender, de maneira a possibilitar o acesso e a democratização da Educação, tanto em nível

local quanto regional e mundial. De outro, poderá, no limite, servir apenas como instrumento novo para ilustrar o tradicional ou jogos apenas por lazer.

A proposta de trabalho do docente é consensualmente orientada pela concepção de como a aprendizagem acontece, portanto, requisita coerência entre as teorias pessoais do professor e as estratégias de ensino adotadas (LIMA; GRILLO, 2008). Rupturas na concepção dos professores podem acontecer num exercício de pesquisa e reflexão sobre a própria prática (CUNHA, 2008) e principalmente que mobilizem o professor a estudar, para entender e problematizar como a aprendizagem do estudante pode ocorrer com mais resultados desejáveis.

A seguir passamos a apresentar de forma sucinta os aspectos mais relevantes destacados nas apresentações e na discussão. O item 2 estabelece o plano e apresenta propostas da Sessão Dirigida em assunto.

2. INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, COM SUPORTE DO MODELO DE EDUCAÇÃO 4.0

2.1 Objetivos

Propiciar a criação de um documento de referência que possa nortear, em linhas gerais, a concepção de um plano estratégico dedicado a promover inovação na Educação em Engenharia nas Instituições de Ensino Superior (IES), contando com um suporte teórico-tecnológico do modelo de Educação 4.0.

2.2 Aspectos teórico-metodológicos

O referencial teórico de fundo, no qual se apoia esta proposta de estudo interdisciplinar, atualmente em implementação no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), fundamenta-se em modelo Educação 4.0 (CARVALHO NETO, 2017), o qual oferece subsídios para a estruturação de categorias conceituais gerais e interarticuladas, que aglutinam os dados das discussões e extratos dos documentos disponibilizados a partir dos artigos produzidos e submetidos ao COBENGE 2017, propiciando, por interpretações, a construção de informações relevantes voltadas a gerar subsídios para a gestão de um programa de Inovação na Educação em Engenharia.

A **Educação 4.0**, identificada por **E⁴**, está estruturada sobre quatro referenciais teórico-tecnológicos dinamicamente interligados, definidos como pilares estruturadores, tendo ao centro o Modelo Sistêmico de Educação (MSE). A figura 1 evidencia a estrutura geral do modelo Educação 4.0, identificando seus três pilares radiais interligados a um pilar central. Esses pilares se referem aos referenciais teórico-tecnológicos identificados a seguir:

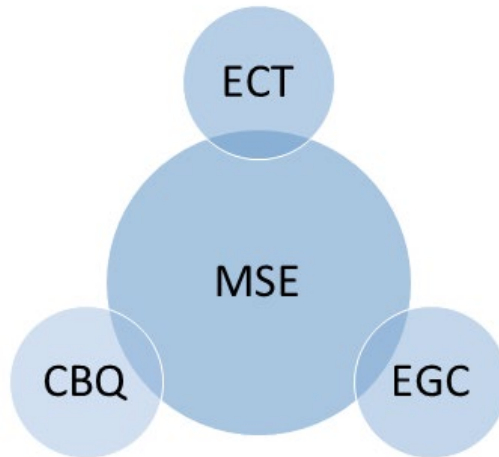
MSE – Modelo Sistêmico de Educação;

ECT – Educação Científica e Tecnológica;

EGC – Engenharia e Gestão do Conhecimento;

CBQ – Ciberarquitetura.

Figura 1: Visão sistêmica do modelo teórico-tecnológico que fundamenta a Educação 4.0, contemplando seus pilares e eixos estruturadores.



Fonte: elaborada pelos autores.

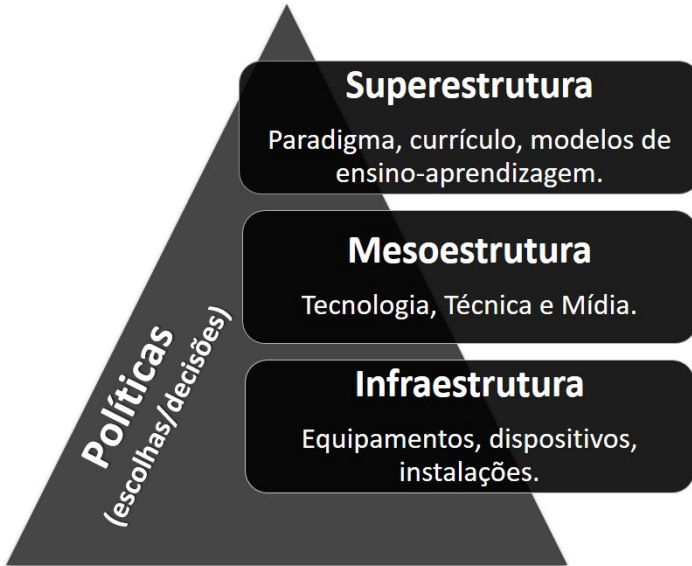
A interconexão entre os pilares apresentados estrutura a Educação 4.0 e, inclusive, a coloca como instrumento para autoria de modelos para gestão e docência em instituições da Educação Básica e Superior. Mais especificamente, na perspectiva da inovação da Educação em Engenharia, o modelo Educação 4.0 oferece elementos para sustentar, orientar e propulsionar processos que venham a contribuir com iniciativas de aprimoramento do modelo educacional praticado em IES dedicadas à formação de engenheiros.

2.3 Pilar da Educação 4.0: o Modelo Sistêmico de Educação (MSE)

O referencial estruturador central do modelo Educação 4.0 é chamado **Modelo Sistêmico de Educação (MSE)**, o qual permite situar a instituição educacional por uma visão sistêmica, conforme apresentado a seguir.

Figura 2: Estrutura do Modelo Sistêmico de Educação (MSE)

Modelo Sistêmico de Educação



Fonte: elaborada pelos autores.

- **Superestrutura**, onde situam-se os paradigmas, o currículo e os modelos de ensino-aprendizagem;
- **Mesoestrutura**, dimensão das criações de base tecnológica (na perspectiva de Tecnologia como *Techné* e *Logos*, isto é, criação e razão operando em conjunto), protagonizadas por gestores, docentes e discentes e que implicam na instalação de processos de gestão e docência, fazendo uso de técnicas e da integração de sistemas de mídias analógicas e digitais;
- **Infraestrutura**, que inclui equipamentos, dispositivos físicos, redes de dados e elétrica e demais instalações físicas da escola.

O Modelo Sistêmico de Educação (MSE) se constitui em um instrumento de análise e sustentação estratégica e operacional para gestores, professores e estudantes, permitindo gerar imagens dinâmicas de uma escola ao qualificar e quantificar especificidades de suas subestruturas, de modo a fornecer subsídios para a criação de políticas de curto, médio e longo alcance institucional.

O MSE mostra-se particularmente útil quando utilizado na elaboração de programas de formação continuada de profissionais da educação, ao permitir uma visão dinâmica dos impactos que se espera alcançar como resultados das

ações a serem empreendidas, permitindo analisar os campos de incerteza, reduzir equívocos e, com isso, elevar o índice de sucesso de programas dessa natureza, fundamentais para o desenvolvimento da educação em seus diversos níveis e, mais especificamente, para a Educação em Engenharia.

O estudo de taxas de insucesso relacionado a programas de educação continuada revela a especial atenção que se deve ter aos aspectos relacionados à Superestrutura, principalmente quanto a mudanças no âmbito de paradigmas, currículo e modelos de ensino-aprendizagem na escola. Esses tópicos serão aprofundados neste estudo, acompanhados de estratégias de enfrentamento que visam a elevar as taxas de resultados positivos esperados em programas dessa natureza.

2.4 Descrição sucinta de uma proposta para inovação na Educação em Engenharia

Construir um processo continuado de inovação em educação para a Engenharia, integrável por um *design* institucional dinâmico, representa o desafio central das instituições de ensino.

Com a finalidade de propor um modelo sistêmico de partida, para análise e implementação de possíveis soluções dedicadas à inovação em educação, apresenta-se a seguir a estrutura geral de uma abordagem dessa natureza, considerando-se as particularidades e peculiaridades de cada instituição.

FASE I

1. Grupo Superestrutura – Objetivos específicos:

- 1.1. Situar o paradigma institucional vigente e sua correlação com o paradigma original de fundação da instituição;
- 1.2. Analisar o currículo atual da instituição e sua correlação com as expectativas contemporâneas e de futuro na formação de engenheiros, na perspectiva do paradigma institucional vigente;
- 1.3. Identificar os modelos de ensino-aprendizagem praticados na instituição, correlacionando-os às teorias de aprendizagem de referência.

2. Grupo Formação Docente Continuada – Objetivos específicos:

- 2.1. Conceber um programa interno de formação continuada, dedicado aos professores, com ênfase em educação científica e tecnológica e educação digital;
- 2.2. Executar o programa de formação continuada, na perspectiva de amplo atendimento institucional;
- 2.3. Identificar os principais processos educacionais planejados e praticados institucionalmente, analisando-os quanto ao seu aproveitamento pelos estudantes.

3. Grupo Mesoestrutura - Mídia digital e analógica – Objetivos específicos:

- 3.1. Identificar o parque de mídias digitais e analógicas dedicadas à educação e seu índice de contribuição nos processos de ensino-aprendizagem, na perspectiva docente e discente;
- 3.2. Identificar núcleos internos com potencial de desenvolvimento de processos e produção de mídia analógica e digital para a Educação em Engenharia.

4. Grupo Mesoestrutura - Plataformas digitais – Objetivos específicos:

- 4.1. Construir uma plataforma de gestão do conhecimento dedicada a dar suporte continuado a processos de inovação institucional, em educação para a Engenharia, a ser validada como piloto experimental durante o percurso de execução-macro do projeto de inovação;
- 4.2. Construir uma plataforma para gestão de produção e entrega de conteúdo editorial produzido internamente na instituição, a ser validada como piloto durante o percurso de execução-macro do projeto de inovação.

5. Grupo Infraestrutura – Objetivo específico:

- 5.1. Identificar equipamentos e dispositivos de infraestrutura, dedicados à Educação em Engenharia, gerando índice de utilização (frequência) e aproveitamento nos processos de ensino-aprendizagem.

FASE 2

1. Design institucional – Objetivo específico:

- 1.1. Produzir um *design* Institucional dinâmico para a instituição, dedicado à gestão da inovação continuada para a Educação em Engenharia.

2.5 Considerações

Pelo exposto, é recomendável que a implementação de processos de inovação na Educação em Engenharia se dê por via de modelos sistêmicos, neste estudo foram sugeridas as referências da Educação 4.0.

O processo de inovação carece de ter sustentação cultural e política efetiva em cada IES, para que iniciativas isoladas de gestores e docentes possam ser interconectadas por um eixo organizar comum, propiciando maior amplitude e sustentabilidade de longo prazo nas ações.

No momento em que se elabora esta publicação o autor executa, como projeto de pós-doutorado (CAPES/ITA, 2017-2019), o projeto “Inova ITA - Inovação na Educação em Engenharia” para o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

3. CONTRIBUIÇÕES ARTICULADAS AO TEMA

3.1 Inovações pedagógicas na Educação em Engenharia

3.1.1 Introdução

A Inovação educacional no Ensino Superior tem sido discutida por autores reconhecidos como Nóvoa (2013) e Moran (2013), entre outros. A Educação Básica também é um imenso cenário de referência quanto às inovações pedagógicas e tecnológicas. O Ministério de Educação (MEC) reconheceu 178 organizações (escolas ou organização não escolar) de ensino na Educação Básica em 2015 como inovadoras e criativas (BRASIL, 2015). Um dos avanços das inovações na educação é a capacitação dos sujeitos da aprendizagem e também como uma forma de socializar o conhecimento, ou seja, de democratizar a aprendizagem.

A inovação educacional pode significar ensino e aprendizagem de conceitos com o intuito de auxiliar para que a sociedade seja mais igualitária e capaz (LIMA, 2017). Nesta direção, cabe questionar: quais inovações têm sido realizadas no âmbito de ensino e aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior? Nóvoa (2013), um autor que permeia entre a Educação Básica e o Ensino Superior, discute a aprendizagem com todos e por todos os sujeitos da aprendizagem. Segundo o autor a educação para todos tem atingido parte de seus objetivos, pois a cada 20 anos podemos ajustar uma exponencial, que reflete o crescente acesso aos bancos escolares. No entanto, estaria também o conhecimento apreendido na ordem exponencial crescente para os sujeitos da aprendizagem? Ou seja, para ampliar na mesma proporção a produção e apreensão do conhecimento, o professor precisa cada vez mais incluir os alunos nos processos de ensino aprendizagem (NÓVOA, 2013) bem como estimular a pesquisa e a realização de atividades desafiadoras (MORAN, 2013).

No que tange à tecnologia, particularmente às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), Nóvoa (2013) pontua que a evolução digital carece ser entendida como uma “ferramenta” que pode revolucionar a atitude pedagógica do professor no interior da escola e que o nosso desafio, num esforço de reflexão crítica, é ir além, para inventar e sustentar uma nova cultura pedagógica, que prime pelo crescimento individual do aluno, que esteja fortemente alicerçada em reflexões e práticas colaborativas e que promova a relação entre os sujeitos (aluno/professor; aluno/aluno) e destes com o conhecimento de forma significativa. Assim, as TIC podem e devem ser entendidas também como estruturantes dos processos educacionais, promovidas pelas mediações docentes conscientes e críticas.

As atividades colaborativas, por sua vez, podem permear as ações entre os docentes. Entre outras sugestões reporta-se aos achados de Cargnin-Stieler (2014) sobre a importância da partilha das experiências na Educação em Engenharia pelos professores que ministram as diversas disciplinas que contribuem para a formação de engenheiros. Cada professor tem sua trajetória pessoal e profissional e uma ação intencional, portanto, passará a refletir pedagogicamente conforme

essa trajetória e merece o respeito dos demais colegas para que realmente aconteça uma aprendizagem comprometida com todos, para todos e por todos.

3.1.2 Concepções dos professores e o fazer pedagógico

A forma como o professor desenvolve a docência, muitas vezes, não está totalmente consciente, ou ainda, é subsidiada por concepções explícitas ou não, podendo-se afirmar que os fundamentos determinantes dessa prática estão organizados em torno de três elementos: conhecimento, professor e aluno (LIMA; GRILLO, 2008). É na forma como o professor entende a relação entre esses três elementos que se originam os alicerces da organização do ensino. De acordo com a ênfase que se dá a cada elemento apresenta-se os seguintes desenhos pedagógicos, sejam em cenários do ensino tradicional ou mesmo quando se utiliza TDIC com apreensão e desembaraço: (i) uma pedagogia centrada no professor, em que o docente é o transmissor do conhecimento; (ii) uma pedagogia com foco no aluno, na qual o discente é o protagonista e é responsabilizado por administrar a relação que estabelece com o conhecimento; (iii) uma pedagogia que tem seu foco na relação aluno, professor e objeto de conhecimento, nesse caso professor e aluno deixam de ser o centro das atenções e prioriza-se as relações que esses sujeitos constituem com o objeto de conhecimento. Dessas pedagogias emergem pelo menos dois tipos de aula: (i) centrada no professor; e (ii) centrada no aluno (LIMA; GRILLO, 2008).

A aula centrada no professor é conduzida pelo docente que acredita que o ensino se baseia na transferência de conhecimentos e, sendo assim, o que lhe cabe é fazer tal transferência da forma mais clara possível. Desse pressuposto decorrem outros dois: (a) independentemente da natureza do conteúdo ou de sua complexidade a forma de ensinar não difere; (b) uma vez que a transmissão de conhecimento seja clara, o aluno não terá aprendido porque não prestou atenção ou porque não realizou, para além da aula, estudos de fixação. Diante desta compreensão o professor se preocupa em oferecer exercícios que propiciem a memorização dos conceitos estudados.

A aula centrada no estudante prima pela relação aluno, professor e objeto do conhecimento e tem como foco a aprendizagem ativa do estudante. Nesse modelo de aula o professor organiza o ensino de modo a garantir ao aluno o papel de protagonista no processo de aprendizagem. O ponto de partida é a problematização, construída a partir de exemplos da realidade do aluno ou ainda de sua futura atividade profissional. Neste processo é dado ao estudante a oportunidade de explicitar suas ideias iniciais sobre determinado tema. De outra parte, o docente procura mostrar aos estudantes que seus conhecimentos podem apresentar fragilidades, incompletudes, incongruências ou, ainda, que existem outras formas desenvolvidas pela comunidade científica que ajudam a dar mais clareza à temática, podendo resolver de forma mais efetiva outras problemáticas afins aos tópicos dos planos e currículo. Esse diálogo entre a potencialidade dos conhecimentos sistematizados e o conhecimento do estudante tem dois aspectos

relevantes: (i) para o estudante, amplia as possibilidades de leitura da realidade, permite a elaboração de questionamentos acerca dos sentidos atribuídos até então, percebendo incompletudes e motiva a busca por novos significados e formas de resolver problemas; (ii) para o professor, o mapeamento dos conhecimentos prévios dos alunos o ajuda no desenho das ações de aprendizagem, ou ainda, é fundamental na mediação entre o sujeito aprendente e o objeto a ser conhecido (LIMA; GRILLO, 2008).

3.1.3 Engenheirandos e Matemática Básica

Em uma *survey* realizada para diagnosticar potencialidades do apoio de redes sociais para a discussão de erros de Matemática básica, alguns dados obtidos ajudam a provocar reflexões sobre a cultura de aprendizagem dos estudantes desenvolvida pelos bancos escolares.

A consulta foi realizada com 65 estudantes de Engenharia matriculados em uma disciplina da primeira fase, cujo objetivo é promover uma revisão de Matemática básica. O que se traz para este texto são alguns resultados do questionamento realizado aos estudantes no intuito de mapear como eles estavam esclarecendo suas dúvidas de Matemática básica. Estariam esses estudantes fazendo uso das possibilidades colaborativas advindas das TIC e da cultura digital de comunicação?

Os resultados mostram que 15,38% dos estudantes aderiram ao grupo criado em uma rede social para a discussão de Matemática básica, mas apenas acompanhou as postagens da professora e tentou resolver os exercícios colocados em casa, ou seja, os estudantes não se envolveram num processo de troca de dúvidas e compartilhamento de saberes. Apenas 5% dos estudantes usaram o grupo para pedir ajuda para solucionar as dúvidas. Isso pode ter acontecido, pois esta foi uma iniciativa da professora e não dos estudantes e a própria presença da professora no grupo pode ter inibido a participação dos colegas. Mas a análise das respostas dos estudantes também mostrou que apenas 6,15% dos estudantes utilizam de espaços de discussão coletiva, sem a presença do professor, como por exemplo o *WhatsApp*, para discutir ou compartilhar dúvidas com os colegas. Por outro lado, 13,8% dos estudantes buscaram ajuda dos colegas presencialmente e 53,84% estudaram pelo material de apoio (digital postado no AVA ou livro impresso) e fizeram uso de vídeos no *youtube*, ou seja, estudaram sozinhos e procuraram espaços na lógica de receptores de conhecimento.

Os resultados trazidos sinalizam, ainda que singelamente, que a cultura de estudo individualizado e de receptor de conhecimento está enraizada em nossos estudantes. Estes são certamente frutos dos modelos de transmissão ainda dominante nas instituições de ensino. Os desafios de se fazer uso dos espaços colaborativos disponíveis pelos novos recursos de comunicação digitais precisam de serem enfrentados nos processos de inovações pedagógicas que têm como missão formar uma geração imersa numa cultura digital contemporânea, uma cultura em rede. Diante das reflexões postas perguntamos: usaremos os recursos

da cultura digital para encontrar formas de refinar os modelos transmissivos? Que inovação estamos procurando e como os recursos digitais podem ajudar? A resposta pode estar na concepção do professor, principal responsável por modelar os espaços e as estratégias de ensino e aprendizagem nas Instituições.

Ainda, mesmo que simploriamente, os dados trazidos para este texto demonstram que no que se trata de aprendizagem acadêmica, o estudante não está fazendo uso do potencial colaborativo disponível na internet. Esta postura de receptor pode ter sido estimulada e desenvolvida pelos modelos tradicionais de ensino ainda dominantes na maioria das IES.

3.1.4 Considerações

Uma das questões que surgem neste contexto é como os novos recursos digitais podem ajudar professores e estudantes nos processos de ensino e aprendizagem. Eles podem corroborar o diálogo entre os conhecimentos do aluno e do professor? Para Nóvoa (2013), as TIC viabilizam em nossas mãos e mentes um potencial inigualável para o alcance de uma pedagogia humanista, ou seja, uma pedagogia cujo foco é as relações pessoais, uma vez que privilegia o trabalho colaborativo e cooperativo, uma pedagogia do trabalho em rede. Contudo, abordagens tradicionais relacionadas a uma postura receptora de estudantes de Engenharia com acesso a TIC e redes parecem prevalecer.

3.2 Competências e habilidades de professores considerados excelentes

3.2.1 Introdução

Os ex-alunos são um grande ativo que um curso possui, na linguagem de economia. Por meio de um grupo no *Facebook*, mantém-se contato permanente com cerca de 600 desses ex-alunos do curso de Engenharia de Produção da UFF, formados desde 1995. Esse grupo, além de servir como rede de auxílio entre eles, tem sido uma excelente fonte para consulta e melhoria da qualidade do curso. Com esse objetivo, foi enviado um questionário, com respostas espontâneas, para identificar as características que seriam apontadas como as que seria um ‘professor excelente’.

3.2.2 Teacher Behavior Checklist – TBC

Buskist *et al.* (2002) estabelecem algumas características que foram citadas por alunos da Universidade de origem dos autores, com relação à personalidade, presença em sala de aula e outras. Com isso, foi estabelecido um conjunto dessas características. Em sintonia, foi definido um questionário por Keeley, Smith e Buskist (2006) com 28 perguntas para serem respondidas utilizando uma Escala de Likert (Likert, 1932), em que os respondentes escolhem entre 5 gradações as suas opções, variando entre: 1 – discordo totalmente até 5 – concordo totalmente. Mais curioso que o resultado é o próprio questionário. Originalmente aplicado a estudantes de Psicologia, é facilmente aplicável a estudantes de outros cursos e

hoje mundialmente utilizado em pesquisas que envolvem seres humanos.

O principal objetivo deste trabalho é compreender, dentro do corpo de professores do curso de Engenharia de Produção, qual ou quais se enquadram nas características definidas por Keeley, Smith e Buskist (2006) e quais dessas características são, de acordo com a opinião dos ex-alunos, importantes ou não para serem atendidas pelos professores do curso.

3.2.3 Metodologia

O questionário foi encaminhado ao grupo de ex-alunos do curso de Engenharia de Produção, após ser criado na plataforma *Survey Monkey*® de elaboração de questionários. Foram obtidas 51 respostas, do total de 562 pessoas; sendo 24 mulheres e 27 homens e a moda (17) tendo concluído o curso entre 5 e 10 anos.

Após a coleta das respostas foi feito um tratamento com estatística descritiva.

3.2.4 O questionário

Como o texto do questionário é longo, disponibilizamos o *link* para consulta <<http://bit.ly/2iac8OA>>. Vale observar que inicia com um texto que explica aos ex-alunos os objetivos do trabalho e o que é esperado deles. Em seguida, há 2 questões para agrupar os alunos (gênero e tempo de formado) e uma questão sobre a primeira imagem que veio à cabeça do entrevistado quando viu o tema “Professores Excelentes”. Após a questão em que se pede que os entrevistados respondam sobre as características, há mais uma: “Sei que algumas questões parecem repetidas, mas foi o resultado da pesquisa efetuada pelos professores. O professor que você reconheceu como “excelente” no início, atende a todas essas características? Se não, a quais? O que você considera irrelevante?” Essa questão trouxe resultados interessantes para uma boa avaliação e para utilizar como planejamento de estratégias.

3.2.5 Resultados

Foram obtidas 51 respostas, das quais 24 foram obtidas de pessoas de gênero feminino (47,06%) e 27 de gênero masculino (52,94%). O Gráfico 1 apresenta os resultados da questão sobre há quanto tempo o respondente havia se formado. Pode-se observar que a moda está na faixa entre 5 e 10 anos. O Gráfico 2 apresenta os resultados relativos à questão 3. Observa-se que foi muito dividido, podendo indicar que ou não tiveram “professores excelentes” ou houve dúvida sobre um único nome que se adequasse às características definidas. Quanto às características, pelo menos 50% dos respondentes apontaram que as que são totalmente relevantes (apresentadas em ordem decrescente de escolha): ‘ser confiante – falar de forma clara, manter contato visual e responder as perguntas corretamente’; ‘ser respeitoso – não humilhar ou embaraçar os alunos na aula’; ‘ser educado com os alunos’; ‘ser um comunicador efetivo – falar claramente e alto, usar uma linguagem precisa, dar exemplos claros’; ‘mostrar conhecimento

profundo do assunto da matéria – responder facilmente as questões dos alunos’, ‘não copiar do livro ou das suas notas de aula, reformular a maneira de explicar na hora, se alguém perguntar’; ‘ser criativo e interessante – experimentar métodos de ensino, usar tecnologia para dar suporte e facilitar as leituras, usar exemplos interessantes, relevantes e até pessoais’. ‘não ser monótono’; ‘estabelecer um bom plano de aulas e de curso – preparar e seguir a ementa e ter objetivos para cada aula’; ‘ter expectativas realistas – fazer provas de acordo com as aulas, não sobrecarregar os alunos com excesso de material para estudar e/ou ler, ensinar num nível apropriado para a maioria dos alunos’; ‘estar preparado – levar material necessário para a aula, não chegar atrasado às aulas e apresentar resumos das discussões em sala’; ‘apresentar informações atualizadas – relacionar os tópicos a situações correntes e a situações da vida real, usar vídeos, revistas e jornais atualizados para demonstrar pontos’.

No outro extremo, as questões consideradas menos importantes – relevantes foram: ‘ser profissional – vestir-se corretamente, apresentar-se limpo, roupa cuidada e não falar palavrão’; ‘ter uma atitude feliz/positiva – contar piadas e histórias interessantes, rir com os alunos’; ‘ser flexível – mudar o calendário se for necessário, atender fora de horários estabelecidos, prestar atenção aos alunos quando colocam suas opiniões, aceitar críticas e permitir que os alunos entreguem os trabalhos fora de hora’.

Gráfico 1 – Respostas à questão 2

Há quanto tempo você concluiu o curso?

Respondidas: 51 Ignoradas: 0



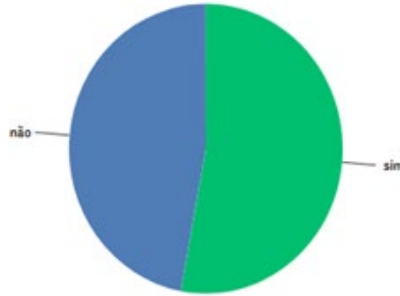
OPÇÕES DE RESPOSTA	RESPOSTAS	
▼ Há menos de um ano.	21,57%	11
▼ Entre um e três anos.	7,84%	4
▼ Entre três e cinco anos.	15,69%	8
▼ Entre cinco e dez anos.	33,33%	17
▼ Entre dez e quinze anos.	15,69%	8
▼ Entre quinze e vinte anos.	3,92%	2
— Há mais de 20 anos.	1,00%	1
Total		51

Fonte: elaborado pelos autores

Gráfico 2 – Resposta à questão 3

Quando você leu esse tema do teste (característica de Professores Excelentes) veio algum nome à sua cabeça?

Respondidas: 51 Ignoradas: 0



OPÇÕES DE RESPOSTA	RESPOSTAS	
sim	52,94%	27
não	47,06%	24
Total		51

Fonte: elaborado pelos autores

Com relação à questão aberta, a figura 1 mostra uma nuvem construída com as palavras mais frequentemente citadas. Essa nuvem pode indicar que a maior parte dos respondentes identificou algum professor e apontou algumas características. Essas características devem ser analisadas pela leitura atenta dos textos escritos pelos respondentes.

Figura 1 – Nuvem de Palavras



Fonte: elaborada pelos autores

3.2.6 Considerações

Pode-se concluir que, para o caso de um professor da área de Engenharia, é extremamente relevante o domínio do conteúdo. Das demais características, a empatia é o que se extrai da maioria. Colocar-se no lugar do outro é uma característica que melhora o relacionamento e, portanto, a relação ensino-aprendizagem. Entender essas características e o que buscar em um professor pode ser decisivo para o sucesso de um curso, o que torna esse diagnóstico muito relevante para um planejamento estratégico eficaz.

Como um segundo passo, será aplicado um questionário semelhante (essa fase está em andamento) aos professores do Departamento de Engenharia de Produção, para verificar a compatibilidade entre o que dizem os ex-alunos e o que os professores pensam que são características relevantes.

3.3 Ensino de algoritmos em Engenharias: desafios na educação popular

3.3.1 Introdução

São apresentados os resultados de um estudo realizado com estudantes de um curso de Engenharia com objetivo de avaliar abordagens pedagógicas e ferramentas para o ensino da construção de algoritmos. Em um momento em que muito se fala sobre Internet das Coisas, é pertinente levantar questões sobre como a programação de computadores pode ser ensinada e como pode ser ensinada a um contingente estudantil cada vez mais heterogêneo, como no caso em questão, formado em sua quase totalidade por alunos oriundos de escolas públicas de Ensino Médio, resultado das recentes políticas educacionais de inclusão e consequente expansão do acesso popular ao Ensino Superior.

3.3.2 Algoritmos, ensino e aprendizagem

O ensino e a aprendizagem de algoritmos sempre representaram um desafio tanto para docentes quanto para discentes, sendo algo bastante difundido e debatido pela vasta bibliografia disponível sobre o assunto.

Existem muitos aspectos que podem influenciar quando se trata de aprender lógica de programação. Entre eles, o pragmatismo e o rigor das linguagens de programação em termos lógicos, léxicos e sintáticos, que conflitam com a compreensão dos estudantes sobre a linguagem. O conhecimento e a experiência prévia construída a partir da interação com outros seres humanos através da linguagem permitem que o indivíduo constate erros de grafia, de sintaxe e até mesmo de semântica em uma expressão escrita em língua portuguesa, não o impedindo de obter alguma compreensão sobre aquilo que foi escrito, ainda que tal compreensão possa ter caráter altamente subjetivo.

A necessidade do levantamento de preconceções dos estudantes para a abordagem de novos conhecimentos é algo com que a educação científica e tecnológica já se preocupa há bastante tempo. Neste particular, há que se fazer menção à epistemologia como estruturante dos processos educativos. Nossa

aderência àquilo que podemos perceber através de nossos sentidos constitui, como explica Bachelard (1996), um “obstáculo epistemológico”. Paradoxalmente, se é verdade que as construções de entendimentos sobre o mundo físico podem ser facilitadas pela intuição oriunda de conhecimentos prévios, é igualmente verdade que tendemos a nos aprisionar àquilo que é concreto e que está ao alcance de nossos sentidos, em detrimento de um livre acesso ao abstrato.

Afirmamos que tal defesa da importância de uma busca pelo abstrato com vistas ao conhecimento científico mais aceito em cada época encontra ressonância no que tange à aprendizagem computacional.

Um programa de computador, na forma de um conjunto de regras aplicadas sobre estruturas de dados, implementa abstratamente um processo. Não corresponde a algo concreto. Narayanan e Hegarty (2002) comparam aspectos do ensino de algoritmos com o ensino do mundo mecânico (concreto, não abstrato, com forma física). Afirmam, então, que algoritmos são entidades abstratas, sem forma física, e que no domínio mecânico os sistemas são feitos de componentes com formas e características físicas familiares a quem os estuda. Complementam explicando que os componentes de uma máquina operam de acordo com as leis da Física e da causalidade. Portanto, até iniciantes possuem algum conhecimento intuitivo em assuntos relacionados a esse domínio. Em contrapartida, os algoritmos operam de acordo com o rigor e cultura das leis da Matemática e da Lógica, sobre as quais iniciantes geralmente não possuem conhecimento sequer intuitivo, provocando uma disjunção que pode inutilizar seus conhecimentos de percepção construídos acerca dos mundos *real* e *virtual*. Nesse raciocínio, os autores finalizam comparando que o processo cognitivo correspondente à análise da ilustração de uma máquina, e sua decomposição, em partes, é equivalente à análise do pseudocódigo algorítmico e sua decomposição em uma sequência de operações aplicada ao processamento de dados.

Assim, a forma mais simples de uma estrutura de dados, uma variável, corresponde a um espaço onde um dado – um valor – pode ser armazenado. Frequentemente são referidas como caixinhas em que um número, uma letra ou uma cadeia de letras (*string*) podem ser armazenados. Para se compreender o conceito e a forma de utilização de variáveis não há maiores problemas, mas dificuldades de abstração prejudicam a compreensão e a implementação de conceitos mais complexos, como matrizes, vetores, listas encadeadas, funções recursivas e classes de objetos. Nesses casos, o aluno tem dificuldade de transpor um processo do mundo real para um código algorítmico no computador, ou ainda, de transpor o funcionamento de um objeto do mundo real para uma estrutura de dados da linguagem de programação utilizada.

Esses aspectos que dificultam o aprendizado de lógica da programação parecem distribuir-se em igual proporção de responsabilidade entre os atores envolvidos no processo de aprendizagem: o professor e o aluno. Se ao aluno recai uma cobrança sobre suas deficiências formativas oriundas da educação básica, no tocante a conteúdos como a Matemática e as linguagens, incluindo-se

aí a Língua Inglesa, ao professor deveria recair uma cobrança sobre os aspectos epistemológicos envolvidos em qualquer processo formativo.

3.3.3 Prática docente e investigação

Este trabalho sintetiza os resultados de uma pesquisa realizada ao longo dos últimos sete anos com todas as sete turmas que ingressaram no curso superior de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* de Erechim (RS). Cabe salientar o perfil do estudante, uma vez considerando o contexto em que tal curso é ofertado por uma Universidade que é fruto das políticas públicas recentes de inclusão e expansão do acesso popular ao ensino superior, em que a expressiva maioria dos alunos advém de escolas públicas de educação básica.

Paulo Freire entendia que uma educação dialógica parte da compreensão que os alunos têm de suas experiências diárias, sem dicotomizar o senso comum do senso filosófico ou científico-tecnológico. Ainda que tal compreensão conceitual tenha um caráter muito mais amplo em educação nos sentidos políticos e pedagógicos, ela procura situar-se na realidade do aluno buscando uma transição, enxergando-a como um caminho para a sua participação, descobrindo temas prementes às suas percepções subjetivas. (FREIRE, 2011a).

As experiências relatadas que tangenciam o conhecimento do aluno para compor temáticas e trabalhos escolares inspiraram uma mudança na forma de constituir o trabalho final da disciplina de Programação, de maneira que os enunciados de cada contribuição passaram a ser construídos tendo origem em propostas advindas dos próprios alunos. Como resultado, observou-se maior engajamento e maior participação do aluno, na busca por construir uma solução via programa de computador para um problema de seu domínio e de seu interesse, restringindo a mediação docente tanto à contenção de excessos (objetivos muito complexos) quanto a simplificações em demasia, sugerindo-se, quando necessário, alternativas para problemas que pudessem surgir.

A conclusão da pesquisa evidencia que é verdadeira a compreensão de que bons conhecimentos matemáticos prévios são importantes para o aluno obter bom desempenho em disciplinas que se propõem a ensinar programação. O mesmo é válido para a Língua Inglesa. Mas parece que muitos conteúdos equivocadamente estão sendo vistos como não relacionados à educação tecnológica. No ensino de Ciências, são relevantes as questões epistemológicas envolvidas no aprendizado, bem como a história do conhecimento científico que é estudada no âmbito da Filosofia da Ciência. Mas é de conhecimento do professor de tecnologias a existência de idiossincrasias e obstáculos epistemológicos nos processos de ensino e de aprendizagem?

No caso do ensino de algoritmos, mudanças e flexibilizações nesses processos podem trazer resultados positivos. Nesta pesquisa, foram realizadas diferentes intervenções pedagógicas e metodológicas no decurso da disciplina de lógica da programação, sendo que algumas delas apresentaram-se como

favoráveis ao aprendizado e outras como indiferentes. A ampliação da carga horária da disciplina de 45 horas para 60 horas, neste caso em particular, não desempenhou um papel significativo. Ajustes com relação aos conteúdos ministrados, somados à alteração de carga horária previamente realizada, em contrapartida, apresentaram alguns favorecimentos com relação ao aprendizado. A oferta de linguagem de programação alternativa para a implementação de algoritmos trouxe resultados inconclusivos ou igualmente indiferentes. A única alteração com resultados significativos perceptíveis em favorecimento do aprendizado de lógica da programação foi fundada numa mudança metodológica de condução do trabalho final da disciplina, a partir do momento em que tal processo avaliativo teve seu enunciado construído conjuntamente entre professor e aluno, permitindo que, de forma colaborativa, fossem elencados desafios, tomando-se por base conhecimentos prévios e interesses dos alunos.

Uma nova perspectiva para conceber os erros no processo de aprendizagem, como entendia Bachelard, pode dar mais confiança ao aluno e ao professor. Ao professor também cabe uma reflexão crítica sobre sua própria pedagogia. Dessa forma, as comparações entre diferentes abordagens, técnicas e ferramentas podem ficar mais transparentes. Finalmente, voltando à disciplina de Introdução à Ciência da Computação, objeto deste estudo, a perspectiva futura de aprimoramento encaminha-se para o uso das plataformas livres de prototipagem eletrônica, a exemplo do “Arduino”. Os desafios para esta área exigem mudanças para que seja permitido aos alunos alimentar novas ideias e novos sonhos, em preparação a um futuro que se inicia às sombras das impressoras 3D, das realidades virtuais e aumentada, do aprendizado de máquinas e da Internet das Coisas ou de Tudo. Quem dera esses sonhos, ideias e realizações da tecnociência pudessem estar cada vez mais alinhados a melhores condições de vida para nossa sociedade e toda humanidade.

3.3.4 Considerações

Para implementar uma cultura colaborativa e coletiva com uso de tecnologias digitais de informação e comunicação em suas incontáveis possibilidades com seus limites, o professor precisa planejar e viver esta prática. Tais atividades de grupos, coletivas ou Comunidades Virtuais de Prática (CVP), como já exposto em seções anteriores, podem ensejar contribuições a respeito da cultura contemporânea, sobre sua própria prática pedagógica e, assim, por meio de trocas com os pares, conseguirão desenhar novos caminhos para a formação do engenheiro apto a contribuir para uma sociedade imersa na cultura digital. Mas, para isso, precisamos explorar e viver as potencialidades e os limites das TIC e da cultura digital, principalmente nos espaços educacionais, seja com atividades focadas em algoritmos, seja por meio de outras iniciativas pioneiras apresentadas neste capítulo e em várias Sessões Dirigidas do COBENGE 2017 e anteriores.

3.4 Laboratório de Física no curso de Engenharia do ITA com aplicação da metodologia PBL

3.4.1 Introdução

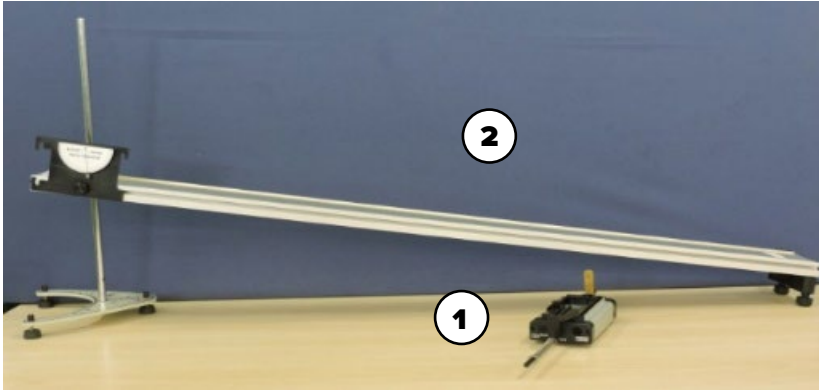
Nos últimos anos tem aumentado o clamor dos professores sobre a crescente falta de motivação e de interesse dos alunos por suas aulas de teoria bem como de laboratório experimental. Dessa forma, faz-se necessário aumentar as pesquisas na área de ensino sobre a importância de os alunos assumirem uma posição mais ativa no processo de ensino e de aprendizagem em aulas de laboratórios; tal assunto é o tema a ser discutido neste trabalho.

Por Metodologias Ativas entendemos toda ou qualquer estratégia de ensino que visa a envolver os estudantes na busca por respostas quando desafiados por uma situação-problema, estimulando-os a coletar dados, levantar e testar hipóteses, construir modelos explicativos que justifiquem suas ideias. Este trabalho tem como objetivo propor uma atividade ativa no ambiente do laboratório experimental, baseada na metodologia PBL (*Problem Based Learning*), na qual os alunos devem realizar medidas de tempo usando diferentes técnicas, assim, além de aprender a usar essas técnicas, eles podem discutir a eficiência de cada uma e os erros embutido nestas. Na proposta, sugerimos que a seguinte situação problema seja apresentada para os alunos: “A partir dos equipamentos de medidas disponibilizados, utilize os conhecimentos relativos ao tratamento de dados para indicar a melhor metodologia a ser utilizada neste experimento”. Disponibilizamos aos alunos os seguintes equipamentos: um carrinho e um plano inclinado; cronômetro digital; sensores fotoelétricos; *photogates* com uma interface computacional; *lpad* ou um aparelho celular com câmera de vídeo e computador com o *Tracker* instalado. A intenção é que os alunos possam estudar diferentes formas de se medir o intervalo de tempo gasto para que um carrinho percorra uma distância, descendo por um plano inclinado e determine qual instrumento e método de medida de tempo é o mais adequado. Para tanto, os alunos devem se debruçar não apenas sobre a montagem experimental, mas também sobre a maneira de tratar os dados, utilizando técnicas para minimizar os erros, possibilitando uma discussão sobre as vantagens e desvantagens de cada metodologia.

3.4.2 Testando a proposta

Para a análise do problema proposto devemos mensurar o tempo decorrido desde que o carrinho é solto do repouso, do alto do plano inclinado, até chegar à sua parte mais baixa. Para tal, o plano está inclinado em $(0,9 \pm 0,1)^\circ$ e tem uma distância de $(80,0 \pm 0,1)\text{cm}$, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Carrinho (1) e plano inclinado (2) da PASCO Scientific® usados no experimento.



Fonte: acervo dos autores.

3.4.3 Discussão e resultados

Os resultados obtidos para os intervalos de tempos (em segundos) de 19 descidas do carrinho ao longo do plano inclinado, considerando três diferentes técnicas: (A), (B) e (C) que estão apresentados nas Tabela 1. Na Tabela 2 apresentamos a técnica de videoanálise.

Tabela 1 – Medidas obtidas com as técnicas (A), (B) e (C).

Metodologia	(A) Cronômetro digital $(\Delta T \pm 0,01)s$	(B) sensores fotoelétricos $(\Delta T \pm 0,001)s$	(C) <i>photogate</i> $(\Delta T \pm 0,01)s$
Medida			
1^a	4,64	4,501	4,112
2^a	4,07	3,953	4,035
3^a	4,52	3,903	4,124
...			
17^a	4,02	3,998	4,054
18^a	3,95	3,897	3,985
19^a	4,03	3,899	4,023

Fonte: elaborada pelos autores.

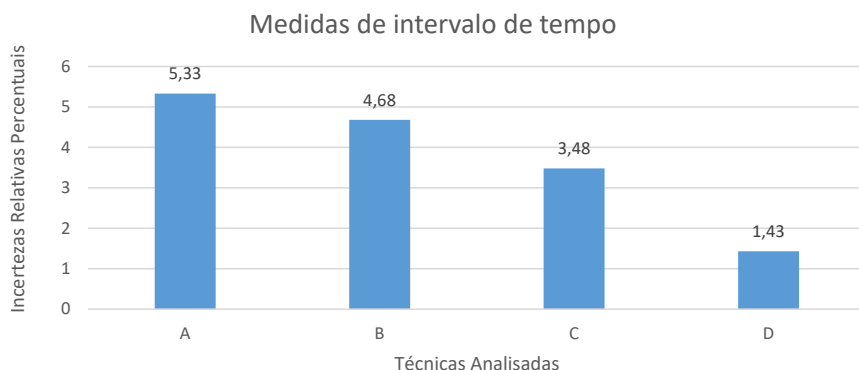
Tabela 2 – Medidas de tempo usando videoanálises com o *software Tracker*. Intervalos de tempos ΔT (s) e valor do intervalo de tempo médio $\Delta T_{\text{médio}}$ e incerteza.

Vídeos	(D) Tracker ($\Delta T \pm 0,01$) s
VD 01	4,14
VD 02	4,04
VD 03	4,01
VD 04	4,11

Fonte: elaborada pelos autores.

As incertezas relativas percentuais calculadas com as técnicas (A), (B),(C) e (D) estão representadas na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico das incertezas relativas percentuais em função das técnicas A, B, C e D.



Fonte: elaborada pelos autores.

3.4.4 Considerações

A atividade proposta inicialmente, de fato, é um problema para o qual não há uma resposta esperada a priori. Portanto, há o estabelecimento de um desafio que exige o desenvolvimento da autonomia dos estudantes e mostrou ser muito interessante de ser aplicado num laboratório, sendo capaz de desencadear processos de autodeterminação capazes de gerar a motivação intrínseca tão escassa em grande parte das aulas de laboratório de Física experimental.

Com base na análise estatística dos dados, a técnica que apresenta o melhor resultado é a (D), que usa a videoanálise com o *software Tracker* como observado na Figura 2.

Podemos concluir que o uso do *software Tracker* revela-se um recurso de análise em laboratórios de Física muito eficiente, como mostra os resultados anteriores.

3.5 Proposta de Sistema Web referente a estilos de aprendizagem

3.5.1 Introdução

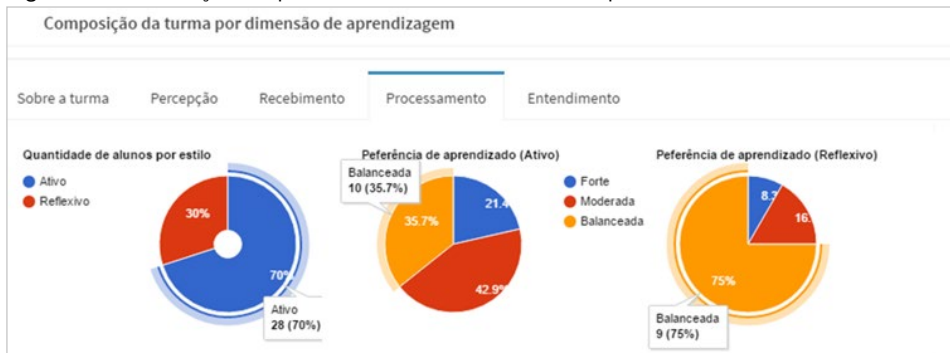
O avanço da tecnologia proporciona novas perspectivas no cenário da educação das antigas e novas gerações. Essas perspectivas têm possibilitado o questionamento dos modelos e paradigmas de ensino tradicionais e estimulado o estudo de como esse avanço tecnológico pode se tornar um elemento positivo no processo de aprendizagem. Para auxiliar esse processo deve-se considerar a pluralidade e diversidade cultural encontrada nas salas de aula, fazendo-se necessário aumentar as pesquisas para que se torne possível um entendimento de como atender aos diversos perfis de aprendizagem.

Para possibilitar este trabalho, tomou-se como estudo prévio o Índice de Estilos de Aprendizagem desenvolvido por Felder e Silverman (2002), que não apenas categoriza o estilo de aprendizagem de um aluno dentro de uma escala para quatro dimensões diferentes, como também levanta as principais técnicas que auxiliam cada um dos estilos que compõem cada uma dessas dimensões.

A execução do trabalho contou com o desenvolvimento de uma plataforma web em que professores cadastraram turmas e os alunos destas eram inseridos dentro dessas disciplinas no site. Para que isso fosse possível, era esperado dos alunos descobrir seus respectivos perfis de aprendizagem através de um formulário também disponibilizado na plataforma.

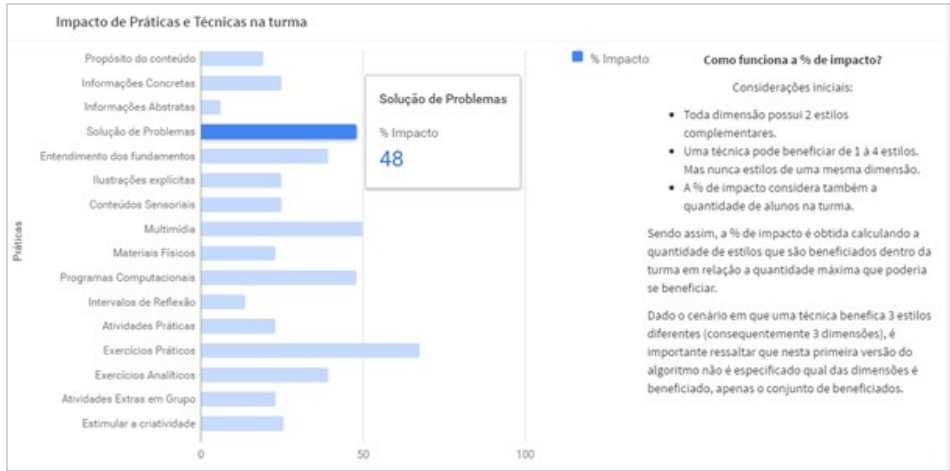
O site oferecia aos alunos um detalhamento do perfil de aprendizagem e ao professor oferecia análises estatísticas do perfil de aprendizagem da turma, como pode ser vista na Figura 1 a distribuição de estilos em uma turma, e na Figura 2 o impacto das técnicas.

Figura 1 – Distribuição do perfil dos alunos de uma turma para a dimensão Processamento



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 2 – Gráfico indicando o impacto de uma técnica de aprendizagem dentro da turma



Fonte: elaborada pelos autores

Os principais objetivos foram identificar a viabilidade de um sistema com tais características através da validação dos cálculos propostos para obtenção do impacto das técnicas em cada turma que participou da pesquisa. Esses cálculos, por sua vez, utilizaram um conceito de Grau de Alinhamento que representava o quanto as técnicas adotadas pelo professor se aproximavam do perfil da turma.

Reforça-se ainda que o trabalho produzido por Felder restringe-se a uma análise individual, enquanto neste trabalho buscou-se tratar o perfil de aprendizagem em grupos.

3.5.2 Resultados obtidos

A pesquisa iniciou-se no início do segundo semestre de 2016, com seis professores e sete turmas, envolvendo ao todo 110 alunos. Ao fim do semestre foi realizada a checagem dos resultados utilizando como parâmetro as notas dos alunos nas disciplinas.

A Tabela 1 apresenta o grau de alinhamento entre as técnicas adotadas pelos professores e o perfil dos alunos em cada uma das disciplinas, assim como a média de rendimento de cada turma e o coeficiente de correlação 'r'.

Tabela 1 – Coeficiente de correlação entre notas e grau de alinhamento

Disciplinas	Grau de Alinhamento	Nota Média	Número de Alunos	Coeficiente de Correlação (r)
Disciplina 1	0,7775	8,064	25	-0.1854
Disciplina 2	0,8666	7,600	5	-0.542
Disciplina 3	0,8408	8,930	13	-0.081
Disciplina 4	0,7686	8,662	24	0.0242
Disciplina 5	0,6944	6,500	16	0.1233
Disciplina 6	0,7716	5,792	14	-0.2083
Disciplina 7	0.7956	8,500	13	-0.1382
Todas as disciplinas	0.7896	7.5917	110	0.051

Fonte: Autor da pesquisa

Os valores obtidos no coeficiente de correlação, quando analisados dentro de cada disciplina, apresentaram uma correlação fraca, dado que quanto mais próximo de zero mais fraca é a correlação.

3.5.3 Considerações

Os números obtidos na pesquisa, tanto quando analisados dentro das disciplinas quanto no geral, contribuem para refutar a viabilidade do sistema de identificar as técnicas mais apropriadas para os alunos.

Contudo, o sistema apresenta uma grande contribuição uma vez que existem poucas pesquisas que se propõem a analisar o perfil de um grupo e possibilitou identificar um conjunto de outras variáveis que deveriam ter sido consideradas no decorrer do trabalho e de qualquer pesquisa na área. Entre elas incluem-se, mas não se restringem a:

- O entendimento do que são as técnicas é subjetivo e cada professor pode aplicar de maneira diferente o que acreditam ser a mesma técnica;
- Existem outros modelos de estilo de aprendizagem. Para esta pesquisa foi adotado o modelo de Felder e Silverman, porém existem outros que podem substituir o utilizado ou usado em conjunto;
- Estudos longitudinais. Foram coletados dados apenas por um semestre, uma coleta por um período de tempo maior pode trazer outras conclusões.
- Reformulação dos cálculos propostos, visto que consistiam, no geral, do uso de médias aritméticas e tal generalização reduz a precisão que o Índice de Estilo de Aprendizagem apresenta;
- Formas de se medir a aprendizagem. Para este trabalho foi utilizado o rendimento final do aluno, entretanto outras formas de medir a aprendizagem

poderiam ter sido estudadas e adotadas.

- O ambiente externo à sala de aula influencia o engajamento dos alunos e tais variáveis não podem ser desconsideradas.

Podemos concluir que apesar de inovadora a proposta deste trabalho, ainda há muitas outras áreas de estudos que precisam ser vinculadas ao sistema, o que se evidenciou no decorrer da execução deste trabalho. O caminho para tal validação envolve esforços de diversas outras disciplinas além da tecnologia de informação, como Psicologia, Sociologia, Antropologia, Educação, Matemática e outras que venham a atuar no estudo de grupos e o impacto na aprendizagem.

4. SÍNTESE DA DISCUSSÃO

Após cada uma das apresentações tivemos um espaço para questões pontuais por 5 minutos e após o retorno do intervalo ocorreu ampla discussão sobre a relevância, possibilidades e riscos da Educação de qualidade com apoio nas tecnologias digitais, desde as mais singelas até as mais recentes e complexas, como Realidade Virtual e Aumentada, Web 4.0, Internet das Coisas ou de Tudo. Desde a Educação Básica no Ensino Fundamental, Médio, Profissional e Tecnológico a graduação em Engenharia e áreas afins, bem como nos cursos e programas de Mestrado Acadêmico, Profissional e Doutorado, em que a pesquisa básica e aplicada deverá estar comprometida com as mais diversas possibilidades de uso consciente e crítico dos processos e produtos resultantes de suas investigações.

5. BIBLIOGRAFIA

ABNT/INMETRO. **Guia para a expressão da Incerteza de Medição**. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2012.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

BEZERRA JR., A. G. *et al.* **Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton**, **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. Especial 1: p. 469-490. (2012).

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura (MEC). MEC reconhece 178 organizações como inovadoras e criativas. Disponível em: <http://simec.mec.gov.br/educriativa/mapa_questionario.php>. Acesso em: 21 jun. 2017.

BROWN, D.; COX, A. J. Innovative Uses of Video Analysis, **Physics Teach**, v. 47. (Early 2009).

BROWN, D. Video Modeling with Tracker. **Proceedings...** American Association of Physics Teachers AAPT, Summer Meeting, Ann Arbor. 2009.

BROWN, D. **Tracker Free Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education**. Disponível em: <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker/>>. 2012.

BUSKIST, W. *et al.* Elements of Master Teaching. In: DAVIS, S. F.; BUSKIST, W. (Orgs.). **The teaching of Psychology**: Essays in honor of Wilbert J. McKeachie and Charles L. Brewer. New York: Psychology Press, 2002. p. 27-39

CARVALHO NETO, C. Z. **Educação profissional continuada**. Incerteza, equívoco e sucesso em programas de formação de professores, especialistas e gestores. São Paulo: Laborciencia editora, 2016.

_____. **Educação 4.0**: princípios e práticas de inovação em gestão e docência. São Paulo: Laborciencia editora, 2017. [No prelo]

CARGNIN-STIELER, M. **Educação em engenharia**: aspectos da formação pedagógica para o ensino em Engenharia Elétrica. Ilha Solteira: [s.n.], 2014. 155 f.: il. Disponível em: <<http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/110514>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

CRARY, J. A visão que se desprende: Manet e o observador atento no fim do século XIX. In: CHARNEY, L.; SCHWARTZ, V. (Orgs.). **O cinema e a invenção da vida moderna**. São Paulo: Cosac & Naify, 2001. p. 81-114.

CUNHA, M. I. Inovações pedagógicas: o desafio da reconfiguração de saberes na docência universitária. **Cadernos de Pedagogia Universitária**, v.6, USP, 2008.

DANTAS, G. C. S. **Estilos de aprendizagem**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/educacao/estilos-aprendizagem.htm>>. Acesso em: 09 mar. de 2016.

DeCHARMS, R. Motivation enhancement in educational settings. In: AMES, C.; AMES, R. (Orgs.). **Research on motivation in education, student motivation**. New York: Academic Press. 1984. p. 275-310.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Felder and Silverman's Index of Learning Styles. **Journal of Engineering Education**, 78(7), 674–681, 2002.

FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A. **Index of Learning Styles Questionnaire**. 1988. Disponível em: <<http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>>. Acesso em: 23 ago. 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Medo e ousadia**: o cotidiano do professor. São Paulo: Paz e Terra, 2011a.

_____. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011b.

GILBERTI, M. *et al.* **European Journal of Physics**, v.35, p.065012 (13pp). (2014)

GRILLO, M. C.; GESSINGER, R. M. Constituição da identidade profissional, saberes docentes e a prática reflexiva. In: FREITAS, A. L. S. **A gestão da aula universitária na PUC-RS**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

GIOSTRI, E. C.; ANGOTTI, J. A. P. As comunidades virtuais de prática como espaço de formação continuada de professores de engenharia e tecnologia. **Anais... XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, São Paulo – SP: COBENGE 2008.

GUIMARÃES, S. E. R. Avaliação do estilo motivacional do professor: adaptação e validação de um instrumento. 2003. Tese (Doutorado em Educação) – Programa

de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. GUM – ABNT/INMETRO. Guia para a expressão da Incerteza de Medição. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2012.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v.66, p.64, 1998.

KEELEY, J.; SMITH, D.; BUSKIST, W. The Teacher Behaviors Checklist: Factor Analysis of Its Utility for Evaluating Teaching. **Teaching Of Psychology**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.84-91, abr. 2006. SAGE Publications. http://dx.doi.org/10.1207/s15328023top3302_1.

KOLB, D. A. **Learning styles and disciplinary differences**. The modern American college. São Francisco, California. 1981.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S.M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, São Paulo, v.9,n.2,p.247-260, 2003.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives Of Psychology**, Washington, n. 140, p.1-55, 1932.

LIMA, C. M. **Inovação na Escola**. Disponível em: <<http://revistapontocom.org.br/materias/inovacao-na-escola-o-que-isto-significa>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

LIMA, V. M. R.; GRILLO, M. C. O fazer pedagógico e as concepções de conhecimento. In: FREITAS, A. L. S. **A gestão da aula universitária na PUC-RS**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

MAGALHÃES, M. G. M. *et al.* **Computer Technology in Quantitative Analysis of Movements: An Activity for High School Students**, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 24, 97 (2002).

MARTINS, M. M. *et al.* Software de análise de vídeos e imagens para o ensino de física e ciências. **Anais...** VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL), 2013.

MEC. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/faced/docs/CP002.15%20DCN%20FORM%20PROF%20MAGISTERIO%20ED%20BASICA.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

MICHAEL, J. Faculty perceptions about barriers to active learning. **College Teaching**. v.55, p.42, 2007.

MONTEIRO, M. A. A. **Um estudo da autonomia docente no contexto do ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. 305 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

MORAN, J. **Inovações pedagógicas na educação superior presencial e a distância**. Texto adaptado do livro *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*, Papirus, 2103.

MOREIRA, H. A. Motivação e o comprometimento do professor na perspectiva do trabalhador docente. **Série-Estudos** – Periódico do Mestrado em Educação da UCDB. n. 19, p. 209-232. 2005

NARAYANAN, N. H.; HEGARTY, M. Multimedia design for communication of

dynamic information. **International journal of human-computer studies**, v. 57, n. 4, p. 279-315, 2002.

NÓVOA, A. **Políticas para o ensino superior**: inovações pedagógicas no processo de ensino aprendizagem. Academia Nacional de Professores. (ESPM) 2013.

PASCAL. **Free Pascal Web Site**. Disponível em: <<https://www.freepascal.org>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

SCILAB. **Scilab Web Site**. Disponível em: <<http://www.scilab.org>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

SIDMAN, M. **Coerção e suas implicações**. Campinas: Editorial Psy, 1995.

UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul. Documento Final da I Conferência de Ensino, Pesquisa e Extensão. In: TREVISOL, J. V.; CORDEIRO, M. H.; HASS, M. **Construindo agendas e definindo rumos**. Chapecó: Edições UFFS, 2011.

UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul. **Apresentação Institucional** - Web Site da Universidade Federal da Fronteira Sul. Disponível em: <https://www.uffs.edu.br/institucional/a_uffs/a_instituicao/apresentacao>. Acesso em: 31 mai. 2017.

VEIT, E. A. E; TEODORO V. D. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, 87 (2002).

VIEIRA, L. P. **Experimentos de Física com Tablets e Smartphones**. Dissertação de mestrado. UFRJ. (2013).

WEE, L. K., LEONG, T. K.. **American Journal of Educational Research** SciEP. (2015)

WRASSE, A. C. *et al.* **Investigating the impulse in crash tests using video-analysis** , **Rev. Bras. Ensino Física**, vol.36, no.1, p.1-6. (2014)

ZANOTTA, D. C.; CAPPELLETTO, E; MATSUOKA, M. T. **The GPS: connecting science and technology in physics classes**, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 33, n. 2, 2313. 2011.

ZWART, J.; FRISCH, K. E.; MARTIN, T. **Systematic Errors in Intro Lab Video Analysis**. 2016.

Capítulo I
**CONTEXTUALIZANDO O ENSINO
E A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS
BÁSICAS E MATEMÁTICA NA
ENGENHARIA**

Capítulo II
CURRÍCULO BASEADO EM PROJETOS

Capítulo III
**EDUCAÇÃO 4.0: TENDÊNCIAS E
DESAFIOS DA APLICAÇÃO DE IOT NO
ENSINO DE ENGENHARIA**

Capítulo IV
**EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA EM
ENGENHARIA: SITUAÇÃO ATUAL
E PERSPECTIVAS NO CONTEXTO
BRASILEIRO**

Capítulo V
**ENSINO DE METROLOGIA NOS
CURSOS DE ENGENHARIA**

Capítulo VI
**INOVAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM
ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM
SISTÊMICA VOLTADA À CRIAÇÃO
DE UM PLANO ESTRATÉGICO
INSTITUCIONAL**

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-64541-11-5



9 788564 541115