

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: APLICAÇÕES NO ENSINO EM ENGENHARIA

ORGANIZAÇÃO

Ademar Gonçalves da Costa Junior

Alexandre Fonseca D'Andrea

Carlos Alberto Dallabona

Elis Regina Duarte

Apoio



editora **IFPB**

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Aplicações no Ensino em Engenharia

ORGANIZAÇÃO

Ademar Gonçalves da Costa Junior

Alexandre Fonseca D'Andrea

Carlos Alberto Dallabona

Elis Regina Duarte

IFPB

João Pessoa, 2021



Apoio



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

REITOR

Cícero Nicácio do Nascimento Lopes

PRÓ-REITORA DE ENSINO

Mary Roberta Meira Marinho

PRÓ-REITORA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Silvana Luciene do Nascimento Cunha Costa

PRÓ-REITORA DE EXTENSÃO E CULTURA

Maria Cleidenédia Moraes Oliveira

PRÓ-REITOR DE ASSUNTOS ESTUDANTIS

Manoel Pereira de Macedo Neto

PRÓ-REITOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Pablo Andrey Arruda de Araujo

EDITORA IFPB

DIRETOR EXECUTIVO

Carlos Danilo Miranda Regis

PROJETO GRÁFICO

Charles Bamam Medeiros de Souza

DIAGRAMAÇÃO

Fabricao Vieira de Oliveira

FOTO DE CAPA

Karolina Grabowska

REVISÃO TEXTUAL

Luciana Cabral Farias

COORDENADORES DA SÉRIE REFLEXÕES

Carlos Danilo Miranda Regis

Giselle Rôças



Contato

Av. João da Mata, 256 - Jaguaribe. CEP: 58015-020, João Pessoa - PB.
Fone: (83) 3612-9722 | E-mail: editora@ifpb.edu.br

Copyright © Ademar Gonçalves da Costa Júnior. Todos os direitos reservados.
Proibida a venda.
As informações contidas no livro são de inteira responsabilidade dos seus autores.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Magda Almada CRB-7 5218,
com os dados fornecidos pela Editora IFPB.

C820e COSTA JÚNIOR, Ademar Gonçalves da.
 Educação em Engenharia: Aplicações no Ensino em
Engenharia / Ademar Gonçalves da Costa Júnior et al. João
Pessoa: Editora IFPB, 2021.
 466 p. : il. ; 21 cm. – (Série Reflexões na Educação, v.10)

 Organizador: Ademar Gonçalves da.
 E-book (PDF)
 ISBN: 978-65-87572-27-7

 1. Engenharia – Estudo e ensino 2. Engenharia --
Metodologia 3. História. I. COSTA Júnior, Ademar Gonçalves
da. II. Título.

CDD 620.001

PREFÁCIO

A pandemia provocada pela covid-19 trouxe alterações em diversos setores, notadamente no educacional, no qual a remotização de atividades talvez tenha sido a mais impactante. Isto exige bem mais do que suporte tecnológico ou adaptações operacionais e comportamentais, pois determina a utilização de metodologias de ensino-aprendizagem adequadas a essa nova realidade e que inserem o estudante em um sistema de aprendizagem preponderantemente autônomo. Nesse cenário, o conteúdo deste livro é bastante oportuno, visto que as metodologias ativas de aprendizagem são as que trazem em seu bojo o estudante como centro do processo de ensino-aprendizagem e que exigem dele a habilidade de aprender de forma autônoma e desenvolver atividades em grupo via tecnologias de informação e comunicação.

Antes desse cenário atual, as rápidas mudanças tecnológicas já repercutiam no sistema educacional, exigindo adequações, não só devido ao constante surgimento de novos conhecimentos científicos e técnicos, mas principalmente pelas necessidades demandadas pelo exercício profissional. Desse modo, o que se observa é que, na atuação profissional em engenharia, cada vez mais o operacional vem sendo executado através de inteligência artificial e tecnologias de informação e comunicação, ficando, ao engenheiro, a tarefa de desenvolvimento de produtos e sistemas

com grau de complexidade crescente. Isso determina que adquirir apenas o conhecimento não mais atende ao demandado atualmente; há necessidade, também, de saber como aplicar este conhecimento em contextos apropriados e mediante atitudes com eles condizentes, ou seja, através do desenvolvimento de competências que articulem conhecimentos, habilidades e atitudes. Em síntese, ao profissional, não basta mais ser um solucionador de problemas; é necessário que ele seja um projetista de soluções em ambientes de sistemas complexos.

Na corrente das necessárias mudanças, um novo ordenamento legal já está em vigor com a homologação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Engenharia (DCNs), instituídas pela Resolução CNE/CES nº 02, de 24 de abril de 2019. As discussões que culminaram na homologação dessas novas DCNs permitiram que fossem abordados os diversos aspectos que envolvem a formação em Engenharia e Tecnologia no Brasil. Essas discussões ocorreram nos anos de 2017 e 2018, sendo lideradas pelo Conselho Nacional de Engenharia (CNE), e contaram com uma significativa mobilização dos setores educacional, profissional e industrial relacionados à Engenharia e Tecnologia, representados pela Associação Brasileira de Educação e Engenharia (ABENGE), por instituições de Educação em Engenharia, pela Mobilização Empresarial pela Inovação da Confederação Nacional da Indústria (MEI/CNI) e pelo Conselho Nacional e Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CONFEA/CREAs). Estas

discussões continuam, agora objetivando a implantação destas novas DCNs, sendo conduzidas pela Coordenação Nacional para a implantação das novas DCNs (CN-DCNs), composta por CNE, CONFEA, MEI/CNI e ABENGE.

Entre os diversos aspectos que as novas DCNs trazem, um dos mais debatidos tem sido a mudança de concepção na organização dos cursos, que antes tinham suas matrizes curriculares baseadas em núcleos de conteúdos. Com as novas diretrizes, tais cursos passam a ser concebidos e organizados a partir do desenvolvimento de competências, o que está em consonância com as necessidades atuais de formação em Engenharia e Tecnologia. Isso enseja uma revisão completa nas práticas implementadas para o desenvolvimento do curso, implicando a necessidade de adequações de meios e métodos de ensino-aprendizagem, passando por reorganizações de espaços físicos e ambientes de aprendizagem, reordenamento nas rotinas de gestão e promoção de capacitação docente para fazer frente a todas essas demandas. Entre todos esses aspectos, este livro trata principalmente das metodologias ativas de aprendizagem, estratégia educacional chave para o desenvolvimento de competências.

Ao tratar das metodologias ativas de aprendizagem, os organizadores e autores deste livro trazem uma excelente contribuição para a implantação das novas DCNs e para a melhoria da formação em Engenharia e Tecnologia, principalmente pelos relatos de experiências realizadas em diversas instituições de diferentes regiões do país, que apontam para uma mudança de paradigma

na formação dos seus futuros profissionais. A partir desses relatos, é possível vislumbrar ambientes de aprendizagem inovadores, que contribuem para os estudantes desenvolverem competências e permitem compreender fenômenos, identificar problemas e necessidades, assim como relacioná-los com o contexto real. Ao mesmo tempo, esses estudantes compreendem a mudança do papel do docente, que passa a atuar mais como mediador do conhecimento e orientador de atividades. Além disso, esses discentes reveem o seu próprio papel, uma vez que passam a ser os agentes principais da sua aprendizagem, ou seja, se dão conta das estratégias de aprendizagem ativa e das oportunidades oferecidas nessas metodologias de uma aprendizagem mais sistêmica e em consonância com as atuais exigências de formação profissional.

Dessa forma, este livro, elaborado por docentes e pesquisadores de renomadas instituições de Educação em Engenharia e Tecnologia, traz excelentes contribuições em termos de aplicação das metodologias de aprendizagem ativa – estado da arte em termos de estratégias de formação profissional na atualidade. Por fim, expresso aqui a minha satisfação em prefaciar esta obra, que muito auxiliará os colegas neste momento de enfrentamento das consequências da pandemia nos cursos e de implantação das novas DCNs para a graduação em Engenharia.

Vanderli Fava de Oliveira
Presidente da ABENGE

APRESENTAÇÃO

O início da organização deste livro, com o tema de Educação em Engenharia, partiu do convite dos coordenadores da série Reflexões na Educação – fruto de uma parceria entre os Institutos Federais da Paraíba (IFPB) e do Rio de Janeiro (IFRJ) –, professor Carlos Danilo Miranda Régis e professora Giselle Rôças, respectivamente. Após aceitarmos o desafio de organizar um livro cujos capítulos abordassem a Educação em Engenharia na Rede Federal de Ensino e Pesquisa – que envolve os Institutos Federais, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, os Centros Federais de Educação Tecnológica e o Colégio Dom Pedro II –, tivemos uma grata surpresa: com a divulgação do edital para seleção dos capítulos, recebemos 60 propostas de diversos autores.

O desafio seguinte foi o de selecionar as propostas que melhor contemplassem esse tema tão abrangente e necessário para o desenvolvimento de um país. Ao final, o único volume a ser organizado inicialmente se dividiu em dois, nos quais há 22 capítulos que apresentam discussões e resultados de pesquisas no tema da Educação em Engenharia.

Com a aprovação das novas Diretrizes Nacionais Curriculares (DCNs) nas Engenharias no início de 2019 e sua implementação – a fim de modernizar os cursos e contribuir para a formação de engenheiros com a visão necessária ao século XXI –, espera-se que estes dois volumes sobre Educação em Engenharia representem

um passo nessa direção. Destaca-se, ainda, que a formação continuada dos docentes deve ser ressaltada para que estes possam, da melhor forma possível, propiciar essa nova formação de engenheiros, tão crucial para o desenvolvimento de um país.

Neste volume, o texto é organizado em 11 capítulos que abordam: estudos de caso sobre metodologias ativas, em específico, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e em Projetos (ABPj), nos capítulos 1 a 9; o uso do Scrum, no capítulo 10; e um estudo sobre a inserção das mulheres nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* – STEM), no capítulo 11.

No capítulo 1, Alexandre Fonseca D’Andrea e Ademar Gonçalves da Costa Júnior apresentam uma “Proposta metodológica para Aprendizagem Baseada em Problemas na área ambiental para o curso de Engenharia Elétrica”, com um estudo de caso sobre a utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na disciplina de Ciências do Ambiente do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa.

No capítulo 2, intitulado “Metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada no curso de Engenharia de Produção da UTFPR – *Campus* Londrina”, Silvana Rodrigues Quintilhano, Rogério Tondato e Ana Carolina Piccinini de Alencar Schiavi realizam uma análise da percepção didática e da motivação na aquisição de conhecimentos obtidos pelos alunos de Engenharia de Produção, a partir do desenvolvimento

da metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) aplicada à disciplina de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho, no ano letivo de 2019.

No capítulo 3, nomeado “Do ensino à cooperação técnico-científica: estudo de caso da aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas entre alunos ingressantes de Engenharia”, Ana Cristina Gobbo César, Adilson de Souza Cândido, Edilson Rosa Barbosa de Jesus, Enzo Gaudino Mendes e Marcos Alexandre Fernandes relatam uma experiência com a aplicação do método ABP na resolução de problemas reais de uma empresa fabricante de componentes automotivos, no semestre inicial do curso de Engenharia de Controle e Automação, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*.

No capítulo 4, ao abordarem “O ensino baseado em projetos nos cursos da área de Engenharia do Instituto Federal Catarinense”, Mário Lucio Roloff, Eduardo Bidese Puhl e Micheli Cristina Starosky Roloff descrevem três estudos de caso que utilizam a ABPj para a qualificação profissional de estudantes dos cursos da Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus Rio do Sul*.

No capítulo 5, intitulado “Aplicação de Aprendizagem Baseada em Projetos por meio de disciplinas integradoras: experiência do curso de Engenharia de Computação da UTFPR”, Gustavo Benvenuti Borba, João Alberto Fabro, Guilherme Alceu Schneider e Heitor Silvério Lopes contextualizam o uso de Oficinas de Integração (OIs) e discutem os resultados obtidos com sua aplicação no

curso de Engenharia de Computação da UTFPR – *Campus* Curitiba, que incorpora a ABPj em seu projeto pedagógico.

No capítulo 6, que trata sobre a “Aplicação da PjBL no desenvolvimento de uma esteira seletora de materiais em um curso de Engenharia de Controle e Automação”, Erika Tiemi Anabuki, Luis Claudio Gambôa Lopes e Sâmia Melo Rogel descrevem um estudo de caso envolvendo o tema da reciclagem e da sustentabilidade no meio acadêmico, utilizando conceitos da ABPj no desenvolvimento de um projeto e aliando-os aos saberes e competências do currículo do curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus* Leopoldina.

No capítulo 7, Valéria Cristina Palmeira Zago, Elizabeth Regina Halfeld da Costa e Beatriz Amanda Watts contextualizam o “Uso de metodologias ativas na Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG”, trazendo alguns exemplos da aplicação da ABP e da ABPj no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus* Nova Suíça, em parceria com a Universidade de Leuphana, em Lüneburg, Alemanha.

No capítulo 8, Valéria Cristina Palmeira Zago e Elizabeth Regina Halfeld da Costa aplicam uma “Estratégia pedagógica de aprendizado em uma instalação piloto de tratamento de água”, expondo o resultado do ensino-aprendizado dos estudantes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus* Nova Suíça sob a orientação de professores que

propiciaram vivências de problemas práticos existentes em uma Instalação Piloto de tratamento de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

No capítulo 9, Fábio Rizental Coutinho apresenta “Uma nova maneira de ensinar eletrônica analógica utilizando avaliação por competências”, ao abordar uma metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), incluindo uma avaliação por competências, a fim de aumentar o domínio intelectual dos estudantes na área de Eletrônica Analógica, especificamente no curso de Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Toledo.

O capítulo 10, intitulado “Utilização de metodologias ágeis (eduScrum) nos cursos de Engenharia do IFMG - *campus* Betim” e escrito por Norimar de Melo Verticchio, se propõe a detalhar a estrutura do *framework* eduScrum e apresentar os resultados obtidos por meio da sua utilização nas disciplinas de Fenômenos de Transporte, do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação, e de Processos de Fabricação II, do curso de graduação em Engenharia Mecânica, ambas ofertadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Betim.

Por fim, no capítulo 11, nomeado “Participação feminina na pesquisa científica em STEM: estudo de caso no IFPE – *Campus* Recife”, Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, Vânia Soares de Carvalho, Aida Araújo Ferreira e Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues contextualizam a atuação de mulheres na pesquisa científica em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology,*

Engineering and Mathematics – STEM) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPE) – *Campus Recife*. A evolução da inserção de mulheres na iniciação científica nos últimos cinco anos nos cursos superiores do IFPE também é apresentada, com discussões sobre algumas iniciativas no Brasil e no mundo para aumentar a representatividade feminina em STEM.

Esperamos que este livro seja útil para docentes, pesquisadores, alunos de graduação e de pós-graduação e para qualquer público interessado nos temas aqui apresentados. Almejamos, além disso, alcançar aqueles que desejam conhecer estudos de casos de sucesso implementados na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT). Em suma, a ideia é que este livro possa inspirar desdobramentos para a evolução do ensino superior nas Engenharias, atendendo às demandas do século XXI.

Agradecemos, sinceramente, o tempo, o esforço e a contribuição dos autores e conceituados revisores na manutenção da qualidade dos capítulos. Ademais, agradecemos à equipe de apoio da Editora do IFPB pela ajuda para a publicação deste livro. Também dedicamos este livro a todos que, no momento da sua publicação, estão passando por diversas agruras em virtude dessa pandemia da covid-19 que assola o mundo. Vamos vencê-la!

Ademar Gonçalves da Costa Junior (IFPB)

Alexandre Fonseca D'Andrea (IFPB)

Carlos Alberto Dallabona (UTFPR)

Elis Regina Duarte (UTFPR)

EDITORES E AUTORES

Sobre os editores:

Ademar Gonçalves da Costa Júnior é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa. Recebeu o título de doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 2016, concluiu MBA em Gestão de Projetos pela Universidade de Salvador (Unifacs) em 2009, é mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) desde 2005 e graduado em Engenharia Elétrica pela UFCG desde 2002. Realizou estudos de pós-doutorado na Universidade Federal de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas (PPGEAS) em 2019. Como experiência profissional, trabalhou em diversos setores da indústria, como Automotiva (Ford Motor Company), Têxtil (Coteminas), Química (Baterias Moura), de Telecomunicações (Telemar – ex-Telpa), Eletro-Eletrônica (Samsung), além de ter atuado em diferentes instituições de ensino – Instituto Federal da Bahia (IFBA), Fucapi-AM, FIP-PB e Escola Técnica Redentorista-PB. É membro do *International Federation of Automatic Control* (IFAC), da Sociedade Brasileira de Automática (SBA) e da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). Integra o Corpo Editorial da Revista Principia (IFPB, Brasil), sendo editor associado para a área de Engenharias IV, e da

Revista Politécnica (Colômbia). Atua como coordenador técnico da área de Educação em Engenharia da SBA para os biênios 2019-2021 e 2021-2023. Foi coordenador científico do Congresso Brasileiro de Automática (CBA) em 2018, além de prestar serviços como coordenador técnico e como revisor para diversos congressos e revisor de revistas científicas. Consta como autor e coautor de dezenas de artigos publicados em revistas científicas, congressos e capítulos de livros; como organizador de livro, além assinar registro de software e patente depositada. Seus interesses em pesquisa são nos seguintes temas: identificação de sistemas dinâmicos, sistemas de controle e de automação, instrumentação, Educação em Engenharia e suas aplicações em diversas áreas.

Alexandre Fonseca D’Andrea é Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa. Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa (1992) e Licenciado para o Ensino Profissional pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1994). Mestre e Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras (2001 e 2004). Atua desde 1993 como docente no ensino profissional. Foi Pró-Reitor de Planejamento e Administração do Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), membro da Comissão de Orçamento do Fórum de Pró-Reitores de Planejamento dos IF e Assessor de Assuntos Internacionais do IFSULDEMINAS. Foi Diretor de Pós-Graduação do Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Tem experiência em Agronomia, na

área de Recursos Ambientais e Uso da Terra e em Educação, na área de Metodologias de Aprendizagem Ativa e Capacitação de Professores. Trabalha na caracterização de ambientes por meio da avaliação de indicadores físicos e biológicos de qualidade do solo e da quantificação das emissões de CO₂ do solo. Desenvolve trabalhos com Aprendizagem Baseada em Problemas (ABPj) para o ensino profissional. Foi Bolsista CNPq de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação no Exterior na Finlândia em 2016 (*Vocational Education and Training – VET3*), parceria SETEC / MEC / *Häme University of Applied Sciences* (HAMK), e em 2017 (*Finnish Teacher Trainer Diploma Programme*), parceria SETEC / MEC / HAMK / *Tampere University of Applied Sciences* (TAMK). De 2016 a 2020, foi Coordenador Geral do Programa Gira Mundo Professores (responsável pela capacitação de 270 professores da rede pública da Paraíba na Finlândia, em Israel e na Espanha), com bolsa de Ensino, Pesquisa e Extensão da Fapesq-PB. Atualmente, é coordenador do projeto Visual 3D: experiências com realidade aumentada para a iniciação tecnológica de estudantes em escolas da rede pública do Semiárido Paraibano com uso de aprendizagem ativa. Foi membro do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – BASis de 2004 a 2019.

Carlos Alberto Dallabona é engenheiro eletricista (UFPR - 1979), mestre em Engenharia de Produção (UFSC - 2001), doutor em Educação (UDELMAR Chile - 2011). Professor da Universidade Tecnológica Federal

do Paraná (UTFPR) desde 1992, atua com Educação a Distância e Híbrida, Educação em Engenharia, Educação Tecnológica e avaliação de processos educacionais. Foi coordenador do curso de Engenharia Elétrica, chefe do setor responsável pelos cursos de bacharelado e licenciatura do *Campus* Curitiba da UTFPR, coordenador de curso técnico a distância e coordenador geral adjunto da Rede e-Tec Brasil na UTFPR. Como avaliador do INEP e Arcu-Sul, participou de avaliações de cursos no Brasil e no exterior. Atuou em empresas de Telecomunicações e como profissional autônomo em Engenharia Elétrica e Telecomunicações. Tem experiência profissional em projetos e instalações elétricas, sistemas de energia, sistemas de telecomunicações e eficiência energética, além de experiência acadêmica como gestor de cursos e instituições de ensino superior, gestão e docência em cursos presenciais e a distância.

Elis Regina Duarte possui graduação no curso de Engenharia Química (2001) pela Universidade Regional de Blumenau, mestrado em Engenharia Química (2004) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e doutorado em Engenharia Química com ênfase em Controle de Processos e Redes Neurais (2007) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é professora associada e coordenadora dos cursos de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia (EBB) e Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Ponta Grossa (UTFPR – PG). Desenvolve projetos de pesquisa nas áreas

de controle, simulação, redes neurais, metodologias ativas de aprendizagem em Engenharia (PBL, atividades integralizadoras e multidisciplinares). Coordena projetos de extensão nas áreas de ensino e vivências em Engenharia para ensino médio VEEM, Mulheres na engenharia e Engenharia 4.0.

Autores (por ordem alfabética)

Ademar Gonçalves da Costa Júnior (Capítulo 1)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa
Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSICA), *ademar.costa@ifpb.edu.br*

Adilson de Souza Cândido (Capítulo 3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – *Campus* Bragança Paulista
candido@ifsp.edu.br

Aida Araújo Ferreira (Capítulo 11)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus* Recife
aidaferreira@recife.ifpe.edu.br

Alexandre Fonseca D’Andrea (Capítulo 1)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa
alexandre.dandrea@ifpb.edu.br

Ana Carolina Piccinini de Alencar Schiavi (Capítulo 2)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) –

Campus Londrina

anaschiavi@alunos.utfpr.edu.br

Ana Cristina Gobbo César (Capítulo 3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*

anagobbo@ifsp.edu.br

Beatriz Amanda Watts (Capítulo 7)

Leuphana University (Alemanha)

watts@fh-westkueste.de

Edilson Rosa Barbosa de Jesus (Capítulo 3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*

erbjesus@ifsp.edu.br

Eduardo Bidese Puhl (Capítulo 4)

Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus Rio do Sul*

eduardo.puhl@ifc.edu.br

Elizabeth Regina Halfeld da Costa (Capítulos 7 e 8)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas

Gerais (CEFET-MG) – *Campus Belo Horizonte*

elizabethhalfeld@cefetmg.br

Enzo Gaudino Mendes (Capítulo 3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*
enzogm@ifsp.edu.br

Erika Tiemi Anabuki (Capítulo 6)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais (CEFET-MG) – *Campus Leopoldina*
tiemi@cefetmg.br

Fábio Rizental Coutinho (Capítulo 9)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) –
Campus Toledo
fabiocoutinho@utfpr.edu.br

Guilherme Alceu Schneider (Capítulo 5)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) –
Campus Curitiba
guilherme@utfpr.edu.br

Gustavo Benvenuto Borba (Capítulo 5)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) –
Campus Curitiba
gustavobborba@utfpr.edu.br

Heitor Silvério Lopes (Capítulo 5)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) –
Campus Curitiba
hslopes@utfpr.edu.br

Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa (Capítulo 11)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*

ionaramenh@recife.ifpe.edu.br

João Alberto Fabro (Capítulo 5)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus Curitiba*

fabro@utfpr.edu.br

Luis Claudio Gambôa Lopes (Capítulo 6)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus Leopoldina*

lcgamboa@cefetmg.br

Marcos Alexandre Fernandes (Capítulo 3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*

marcos.alexandre@ifsp.edu.br

Mário Lucio Roloff (Capítulo 4)

Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus Rio do Sul*

mario.roloff@ifc.edu.br

Micheli Cristina Starosky Roloff (Capítulo 4)

Instituto Federal Catarinense (IFC) – *Campus Rio do Sul*

micheli.roloff@ifc.edu.br

Norimar de Melo Verticchio (Capítulo 10)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Betim

norimar.verticchio@ifmg.edu.br

Rogério Tondato (Capítulo 2)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Londrina

rogeriotondato@utfpr.edu.br

Sâmia Melo Rogel (Capítulo 6)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus* Leopoldina

samiamr5@yahoo.com.br

Silvana Rodrigues Quintilhano (Capítulo 2)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Londrina

squintilhano@utfpr.edu.br

Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues (Capítulo 11)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus* Recife

sofiabrandao@recife.ifpe.edu.br

Valéria Cristina Palmeira Zago (Capítulos 7 e 8)

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus* Belo Horizonte

valeriazago@cefetmg.br

Vânia Soares de Carvalho (Capítulo 11)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Pernambuco (IFPE) – *Campus* Recife

vaniacarvalho@recife.ifpe.edu.br

AGRADECIMENTOS DOS AUTORES

Ana Cristina Gobbo César, Adilson de Souza Cândido, Edilson Rosa Barbosa de Jesus, Enzo Gaudino Mendes e Marcos Alexandre Fernandes agradecem ao programa de extensão Conexão Indústria e à empresa Max Gear pela viabilização da aplicação do método e a consequentemente realização deste trabalho.

Gustavo Benvenutti Borba, João Alberto Fabro, Guilherme Alceu Schneider e Heitor Silvério Lopes agradecem a todos os professores que ministraram as disciplinas OIs desde a abertura do curso, em 2007: André Fabiano Steklain Lisboa, André Schneider de Oliveira, Arandi Ginane Bezerra Junior, César Manuel Vargas Benítez, Gustavo Alberto Gimenez Lugo, Hugo Vieira Neto, Leyza Elmeri Baldo Dorini, Luiz Ernesto Merkle, Luiz Nacamura Junior, Mario Sergio Teixeira de Freitas, Myriam Regattieri de Biase da Silva Delgado, Nestor Cortez Saavedra, Ronnier Frates Rohrich. Os autores também agradecem ao atual Coordenador de Curso, Bogdan Tomoyuki Nassu, e a todos os que estiveram à frente do curso desde 2007. Finalmente, os agradecimentos especiais a todos os estudantes que frequentaram as OIs.

Erika Tiemi Anabuki, Luis Claudio Gambôa Lopes e Sâmia Melo Rogel agradecem ao CEFET-MG pelo suporte institucional e financeiro.

Valéria Cristina Palmeira Zago, Elizabeth Regina Halfeld da Costa e Beatriz Amanda Watts agradecem a todos os discentes que participaram das disciplinas e programas descritos neste livro.

Valéria Cristina Palmeira Zago e Elizabeth Regina Halfeld da Costa agradecem a todos os discentes e técnicos da COPASA que participaram do trabalho apresentado neste livro.

Norimar de Melo Verticchio agradece ao Campus Betim do IFMG pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho, aos alunos que contribuíram com valiosas sugestões e à sua esposa e sua filha, que lhe deram todo o suporte para escrever esse capítulo.

Sumário

CAPÍTULO 1 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ÁREA AMBIENTAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA — 31

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA — 69

CAPÍTULO 3 - DO ENSINO À COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA: Estudo de Caso da Aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas entre Alunos Ingressantes de Engenharia — 95

CAPÍTULO 4 - O ENSINO BASEADO EM PROJETOS NOS CURSOS DA ÁREA DE ENGENHARIA DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE — 139

CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS POR MEIO DE DISCIPLINAS INTEGRADORAS: Experiência do Curso de Engenharia de Computação da UTFPR — 181

*CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DA PjBL NO
DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTEIRA SELETORA
DE MATERIAIS EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO — 221*

*CAPÍTULO 7 - USO DE METODOLOGIAS ATIVAS NA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA DO CEFET-
MG — 263*

*CAPÍTULO 8 - ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA DE
APRENDIZADO EM UMA INSTALAÇÃO PILOTO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA — 307*

*CAPÍTULO 9 - UMA NOVA MANEIRA DE ENSINAR
ELETRÔNICA ANALÓGICA UTILIZANDO AVALIAÇÃO
POR COMPETÊNCIAS — 335*

*CAPÍTULO 10 - UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIAS
ÁGEIS (eduScrum) NOS CURSOS DE ENGENHARIA
DO IFMG - CAMPUS BETIM — 379*

*CAPÍTULO 11 - PARTICIPAÇÃO FEMININA NA
PESQUISA CIENTÍFICA EM STEM: ESTUDO DE
CASO NO IFPE – CAMPUS RECIFE — 433*

Capítulo 1

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NA ÁREA AMBIENTAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Alexandre Fonseca D’Andrea
Ademar Gonçalves da Costa Júnior

1 INTRODUÇÃO

A adoção de metodologias de aprendizagem ativa para o ensino superior tem crescido no Brasil em função das necessidades de um mundo em constante transformação. No mesmo sentido da Indústria 4.0 – cujas

inovações tecnológicas melhoraram a automatização de tarefas por meio da Inteligência Artificial (IA), da Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) e da análise de uma quantidade enorme de informações (*Big Data*) –, a Educação também recebe adaptações para acompanhar as novas demandas do cotidiano, embora em um ritmo não tão acelerado. O uso de ferramentas digitais na Educação, o desenvolvimento de competências modernas e a utilização de métodos que colocam o estudante no centro do processo de ensino e aprendizagem (*student centered learning*) são exemplos de como os processos educacionais podem ser melhorados com a finalidade de preparar os estudantes para os desafios do futuro exercício profissional.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – ABPj ou PjBL) ou em Problemas (*Problem-Based Learning* – ABP ou PBL) são abordagens de aprendizagem ativa que podem ser adotadas dentro do conceito do aprender fazendo (*learning by doing*), trazendo o estudante para a resolução de problemas do mundo real. Com o acompanhamento das atividades oferecidas aos estudantes pelo docente, garantir o desenvolvimento de habilidades e competências modernas não apenas é fundamental para o constante aprimoramento dos cursos oferecidos no país, como também para o sucesso dos egressos nesse mundo em constante transformação. A presente proposta trata de um estudo de caso a respeito da utilização da ABP na disciplina de Ciências do Ambiente do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *Campus* João Pessoa. O produto final deste trabalho é uma proposta metodológica que pode ser utilizada em qualquer curso da área das Engenharias, estando aberta a adaptações e modificações porventura necessárias.

2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

A Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning* – PBL) caracteriza-se por ser um método de aprendizagem ativa em que os estudantes são encorajados a desenvolver habilidades por meio da resolução de um determinado problema de interesse da sua área de estudo. O objetivo não é propriamente a resolução do problema em si, mas o aprendizado adquirido durante esse percurso. A PBL, frequentemente, complementa o trabalho em projetos (*project work*) e tem seu ponto central na ênfase ao aprendizado em vez do foco no ensino (KOLMOS, 1996). Este método surgiu em 1969 na Faculdade de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá, como uma ferramenta para a identificação das necessidades de aprendizagem dos estudantes de medicina por meio do trabalho em grupo para a compreensão de problemas (MCMASTER UNIVERSITY, 2015).

Algumas características tornam a PBL particular, a ponto de se diferenciar da simples resolução de problemas. Dolmans *et al.* (2005) apresentam quatro princípios-chave para o aprendizado com PBL: (i) o

aprendizado deve ser um processo construtivo; (ii) autodirigido; (iii) colaborativo e (iv) contextual. Com mais de 50 anos desde a sua concepção, a PBL atualmente tem sido aplicada em escala mundial às mais diversas áreas do conhecimento. De Graff e Kolmos (2003) afirmaram que a PBL é uma abordagem educacional em que o problema é o ponto de partida do processo de aprendizagem. Normalmente, os problemas são baseados em acontecimentos da vida real que foram selecionados e editados para atender aos objetivos e critérios educacionais.

Vale destacar que, muitas vezes, a PBL é confundida com a Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PjBL). Segundo Braida (2014), embora a PBL foque mais no problema e a PjBL no projeto ou produto,

são vários os pontos comuns aos dois métodos, entre os quais se destacam o ensino centrado no aluno e a construção do conhecimento de forma colaborativa e participativa, a partir de solução de problemas vivenciados pelos aprendizes, conjugando-se a prática e a teoria.

Como a PjBL não é o foco da proposta metodológica apresentada neste capítulo, os autores sugerem, como forma de aprofundamento, os livros de Bender (2014) e Larmer, Mergendoller e Boss (2015).

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia são

instituídas pela Resolução CNE/CES nº 2 de 24 de abril de 2019 (CNE, 2019). O documento destaca, entre outros pontos, o perfil e as competências esperadas para os egressos e explicita, no Capítulo III (da organização do curso de graduação em Engenharia), artigo 6º, § 6º: “deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno”. O recente reconhecimento da importância da aprendizagem ativa aproxima os currículos de Engenharia e das outras áreas aos desafios profissionais atuais, ao mesmo tempo que exige atenção à necessidade de atualizações pedagógicas buscando a modernização das técnicas envolvidas e a atuação docente voltada à orientação, tutoria e facilitação do processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, programas de capacitação profissional representam uma das ferramentas mais efetivas para se aumentar a motivação docente e promover uma mudança interior significativa dos professores em direção à adoção de um aprendizado centrado no aluno, visando o aumento da autonomia dos estudantes e da colaboração na sala de aula, o que melhora o comprometimento profissional, facilitando a resolução de problemas no ambiente escolar (RYYMIN; D’ANDREA, 2018). Na seção 3 é apresentada uma proposta sistematizada para a adoção de PBL para disciplinas relacionadas ao meio ambiente e incluídas no currículo para o ensino das Engenharias.

3 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A DISCIPLINA DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

A proposta apresentada nesta seção foi formulada a partir da experiência dos autores em dez anos no ensino de graduação para o curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), nas disciplinas de Ciências do Ambiente e Instrumentação Eletrônica (FERNANDES *et al.*, 2017; MOREIRA *et al.*, 2015; NASCIMENTO *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2016). Sua configuração foi separada em dez etapas, apresentadas de forma a serem distribuídas ao longo de uma unidade curricular base com carga horária de 50 horas-aula, considerando quatro momentos importantes: a) a preparação inicial dos estudantes; b) as habilidades necessárias para a proposta; c) os resultados alcançados; d) a avaliação do processo. A carga horária destinada a cada etapa pode sofrer modificações e dependerá do planejamento do professor, considerando as características da unidade curricular, a atualização dos temas pertinentes e as particularidades de cada turma de estudantes.

3.1 Introdução e avaliação diagnóstica inicial

A etapa inicial da proposta considera um levantamento diagnóstico efetuado nas primeiras semanas de aula,

para conhecimento das habilidades e competências prévias dos estudantes. No curso de Engenharia Elétrica do IFPB – *Campus* João Pessoa, são frequentes os estudantes oriundos de cursos técnicos das áreas de eletrotécnica ou eletrônica. São presentes também, com menor frequência, os egressos de cursos técnicos da área ambiental e graduados da área de Ciências Exatas ou outras áreas do conhecimento. O levantamento diagnóstico realizado é importante para a formação das equipes de trabalho e para o estabelecimento das regras envolvidas. Tanto quanto possível, é importante atentar para a formação de grupos heterogêneos, simulando uma equipe multidisciplinar. Se o objetivo, no entanto, for o desenvolvimento de atividades em áreas temáticas específicas (uso racional de água ou automação de sistemas residenciais, por exemplo), um maior número de estudantes com habilidades semelhantes na mesma equipe pode ser considerado.

Para o levantamento das informações a respeito das competências prévias dos estudantes, questionamentos em sala de aula podem ser utilizados, além de uma análise de textos preparados pelos estudantes contendo o seu conhecimento prévio ou outro método de entrevista. Pode-se criar um grupo privado em algum tipo de rede social (no *Facebook*¹, por exemplo), de modo a facilitar o processo de orientação durante o curso, tornando disponíveis as informações relevantes para consulta. Entre as ferramentas digitais sugeridas para esta fase,

1 Facebook: <https://www.facebook.com>

estão o *Google Forms*² (Formulários Google) e o mural virtual *Padlet*³.

3.2 Apresentação da questão motivadora

Nesta etapa se inicia a PBL propriamente dita, com a apresentação do problema ou da relação de problemas a serem resolvidos durante a unidade curricular. Grupos iniciais com um número médio de cinco estudantes são formados a partir dos resultados da etapa anterior, e os trabalhos em equipe são iniciados. Na disciplina de Ciências do Ambiente, o processo começa com a formulação, pelos integrantes do grupo, de uma questão ou problema ambiental que possa ser solucionado com as ferramentas das engenharias ou tecnologias.

As questões relevantes relacionadas à degradação de ecossistemas, à escassez de água, à gestão de resíduos sólidos, ao uso de energia elétrica, à poluição atmosférica, da água ou do solo, à certificação ambiental, às relações ecológicas, à educação ambiental ou a qualquer componente presente na ementa curricular são consideradas. Como exemplos de questões motivadoras, estão: a) como reduzir o consumo de energia elétrica numa residência levando-se em conta a iluminação interna? b) é possível monitorar o despejo de resíduos sólidos num bairro residencial? c) como aproveitar as

2 Google Forms: <https://docs.google.com/forms/u/0/>

3 Padlet: <https://padlet.com/>

águas pluviais para fins de irrigação? d) como monitorar o consumo de água em tempo real numa indústria? As ferramentas digitais sugeridas nesta etapa são o *Padlet* e o *Facebook*.

3.3 O desafio do trabalho final

Com o desenvolvimento das questões iniciais, os grupos formados recebem uma data limite para a definição dos temas, aprovados conforme a sua relevância e a profundidade de abordagem. Eventuais ajustes na composição dos grupos podem ser realizados considerando a natureza dos temas escolhidos e a afinidade de trabalho em equipe. O trabalho final da unidade curricular é proposto como um seminário a ser apresentado nas últimas semanas do curso, contendo as principais descobertas da equipe. A evidência do aprendizado deve ser mostrada durante a apresentação final pelos integrantes do grupo, em um tempo médio de 20 minutos por equipe. É possível tornar o evento mais significativo se for combinada a presença de professores ou estudantes de outros semestres, ou de cursos técnicos relacionados às áreas tecnológicas e ambientais.

O conhecimento das regras do seminário final pelos estudantes é fundamental para que eles possam ser bem-sucedidos no gerenciamento do tempo durante o semestre, de modo a respeitar o cronograma preestabelecido. A PBL é usualmente trabalhosa e o seu desenvolvimento consome bastante tempo, o

que deve ser considerado pelos estudantes durante a organização do seu período de estudos. Ter consciência de que as atividades extraclasse serão parte do processo é fundamental para que os resultados esperados sejam atingidos. As orientações a respeito do seminário final devem estar disponíveis aos estudantes para consulta, preferencialmente na forma escrita. Caso tenha sido formado nas etapas anteriores, o grupo privado das redes sociais poderá ser bastante útil para esse fim.

3.4 Embasamento e pesquisa (aulas teóricas e atividades práticas)

Na presente proposta, as aulas teóricas expositivas não são deixadas de lado, sendo utilizadas em complementação às atividades sugeridas na aplicação da PBL. Durante o desenvolvimento da unidade curricular, existem ocasiões em que pode ser necessário esclarecer pontos particulares relacionados aos conteúdos específicos, ou mesmo oferecer aos estudantes um panorama geral do assunto que está sendo desenvolvido. Para tal, é necessário que o professor tenha ferramentas para guiar os estudantes, de modo que estes possam adquirir as competências necessárias relacionadas à unidade curricular.

O mural virtual (*Padlet*) utilizado nas etapas anteriores também pode ser usado como repositório do material produzido pelos estudantes no processo de desenvolvimento das tarefas propostas pelo professor

e na preparação do seminário final, permitindo o acompanhamento do desempenho dos alunos e do levantamento de suas dúvidas principais. Nesta etapa, diversos trabalhos e atividades práticas são propostas aos estudantes, de modo que estes possam externar o seu desenvolvimento, tornando possível a identificação de pontos que requerem orientação por parte do professor. Os estudos dirigidos podem ser distribuídos de maneira a facilitar o entendimento de assuntos específicos.

Conhecer as habilidades e as competências relacionadas à unidade curricular é fundamental para que a proposta atinja seu objetivo. É desejável realizar o acompanhamento não apenas do desenvolvimento das competências específicas referentes à formação profissional do estudante, mas também daquelas denominadas habilidades do século XXI, que envolvem o pensamento crítico para a solução de problemas, a comunicação, a colaboração e a criatividade e a inovação, entre outras. Esses são os denominados “4 Cs” e representam as habilidades do século XXI destacadas nos Estados Unidos da América como as mais importantes para os anos iniciais dos estudantes – o equivalente ao ensino básico brasileiro (NEA, 2012), mas que podem ser adotadas com sucesso também no ensino superior e na vida profissional.

Nesta etapa de embasamento e pesquisa, sugere-se a aplicação do método Canvas, uma ferramenta desenvolvida para o planejamento estratégico no mundo dos negócios e que busca compreender, entre outros pontos, os parceiros comerciais, os recursos

relacionados, os custos envolvidos e os benefícios ou recompensas (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2010). O método Canvas é perfeitamente adaptável à área educacional e é constituído de forma simples por um quadro a ser preenchido a partir de respostas a questões-chave formuladas com os pronomes relativos “(o) que”, “como”, “(para) quem”, “quanto”, buscando compreender o problema escolhido para estudo. A aplicação do Canvas, nesta fase da proposta metodológica, permite aos grupos formados pelos estudantes a compreensão mais profunda das diferentes facetas para a análise do problema ambiental escolhido, não apenas do ponto de vista de impacto no ambiente, mas também levando-se em consideração os recursos envolvidos, as corporações relacionadas, a legislação pertinente e os atores prejudicados pelo problema e os que tiram vantagem da sua manutenção. Um modelo de Canvas adaptado para o ensino de Engenharia é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Modelo de Canvas adaptado à disciplina de Ciências do Ambiente para o curso de Engenharia Elétrica do IFPB – *Campus* João Pessoa

Trabalho Final – Ciências do Ambiente		
Identificação do grupo: Nome da proposta de trabalho:		
O QUE Qual o problema central a ser estudado em sua proposta? Detalhe o problema do ponto de vista do contexto local, regional e nacional.	QUEM Quais são os parceiros envolvidos na sua proposta? Existem organizações ou empresas que estão ou possam ser envolvidas?	ONDE Onde projetos semelhantes ao seu já foram implantados no Brasil e no mundo? Que legislação regional, nacional e internacional existe relacionada à sua proposta? Detalhe.
COMO Do ponto de vista prático, como a sua proposta pode ser implantada em escala local, regional ou nacional? A proposta tem potencial para atingir a quantos beneficiários?	QUANDO Que desafios futuros a sua proposta evidencia? Que transformações você espera no mundo por ocasião da efetiva implantação da sua proposta (quando estiver em pleno funcionamento)?	QUANTO Faça uma estimativa do custo de implantação do seu projeto na escala escolhida (local, regional, nacional) e do valor do projeto (com base na economia de recursos e nos danos evitados após a sua implantação).
INOVAÇÃO Quais os maiores benefícios da sua proposta em curto prazo e longo prazo? Em que a sua proposta é inovadora? Que características a fazem diferente do que já existe atualmente?	DIFICULDADES Quais as maiores dificuldades para o sucesso da sua proposta de trabalho? Em que situações você espera gastar mais tempo e energia superando os obstáculos? Para quem ou para que grupos é vantajosa a manutenção do problema em estudo?	RESUMO Faça uma breve descrição, na forma de resumo, destacando os pontos principais de sua proposta de trabalho.
Insira neste espaço qualquer outra informação que julgar necessária para o completo entendimento da sua proposta de trabalho: fotografias, vídeos, diagramas, links para internet, bibliografia consultada etc.		

Fonte: elaborado pelos autores

Em geral, é nesta etapa que os estudantes tomam conhecimento da complexidade do problema escolhido para o estudo e dos diferentes pontos de vista presentes para a sua resolução. Frequentemente, surgem dúvidas que devem ser dirimidas por meio de abordagens específicas, o que pode incluir momentos de explicação ou mesmo uma aula expositiva detalhando os aspectos teóricos envolvidos no problema. A aplicação do método Canvas permite ampliar a visão dos estudantes sobre o problema proposto e aproximar as soluções sugeridas à realidade do mundo real, em uma abordagem prática e passível de ser aplicada.

Um ponto importante a ser considerado é que a aplicação dessa ferramenta oferece oportunidade para o aprofundamento de todos os conteúdos específicos da unidade curricular, como por exemplo: (i) os aspectos legais e institucionais da gestão ambiental; (ii) o estudo dos problemas ambientais globais e sua relação com o desenvolvimento econômico; (iii) o controle de poluição da água, do solo e do ar; (iv) o licenciamento ambiental; os sistemas de gestão ambiental e (v) a certificação de qualidade ambiental.

Este é um ponto que suscita muitas dúvidas na aplicação de metodologias de aprendizagem ativa nos dias atuais: como é possível abordar todo o conteúdo programático utilizando os métodos inovadores de aprendizagem? A resposta é que não deve existir um conflito entre as competências e os conteúdos. Ao contrário, o desenvolvimento das habilidades dos estudantes deve permear o aprofundamento do conteúdo específico, a fim

de que esse seja o embasamento teórico-prático necessário para a aquisição das competências profissionais.

É importante, no entanto, enfatizar aos estudantes que as soluções apontadas no desenvolvimento do seu trabalho não precisam ser, necessariamente, absolutamente factíveis no momento em que são apresentadas. Por vezes, os estudantes contra-argumentam que a solução proposta pelo grupo é muito cara e fora da realidade de mercado, já demonstrando um pensamento crítico a respeito do problema, tendendo a abandonar o caminho inicialmente pensado. Exemplos de como as inovações no mundo da tecnologia da informação avançaram rapidamente nas últimas décadas, modernizando os equipamentos e reduzindo o custo de armazenamento das informações – os primeiros computadores pessoais possuíam capacidade de processamento e armazenamento bem menores que os atuais *smartphones* a um custo muito maior –, podem ser utilizados para contornar essas situações, retirando a pressão nos estudantes de realizarem um trabalho perfeito.

Compreender que o erro e as imperfeições fazem parte do processo de aprendizagem é importante não apenas para os estudantes, mas também para os docentes que, frequentemente, descobrem um novo horizonte de atuação profissional quando afastam o receio de errar e compreendem que a perseverança e a resiliência fortalecem a atuação profissional positiva e com entusiasmo (RYYMIN *et al.*, 2018).

Desse modo, é necessário deixar claro o aspecto didático da atividade proposta e que não é exigido, embora seja bastante desejável, que os estudantes consigam apontar uma solução plenamente viável para os problemas do mundo moderno durante o desenvolvimento da unidade curricular. O mais importante, nesse caso, deverá ser a análise do problema sob a orientação técnica do professor e a aquisição, por parte dos estudantes, das competências relacionadas à unidade curricular. Vale ressaltar, além disso, a atenção que deve ser dispensada aos grupos de trabalho no sentido de reduzir – ou mesmo eliminar – o aspecto puramente competitivo entre eles. Uma vez esclarecidos esses pontos, pode-se evoluir para a etapa seguinte.

3.5 Avaliação por pares (peer assessment)

Uma vez completadas as etapas anteriores, espera-se que cada problema ambiental indicado pelos grupos de estudantes esteja compreendido e estudado de tal maneira que uma ou mais soluções possam ter sido apontadas no trabalho. A avaliação por pares nesta etapa permitirá que os grupos recebam críticas e sugestões às suas propostas, possibilitando o aprimoramento do seu trabalho em busca de soluções mais viáveis a partir de novos pontos de vista. Sugere-se a preparação dos estudantes para um *World Café*® (BROWN, 2002) ou *learning café* adaptado, com a duração de duas ou três aulas conjugadas. A técnica do *World Café* consiste,

basicamente, na reunião de um grupo de pessoas ao redor de mesas ou estações de trabalho distribuídas no ambiente de modo a permitir aos participantes abordar, de maneira interativa, determinados temas de interesse.

Como exemplo para a proposta metodológica apresentada neste capítulo, considera-se uma sala de aula com 40 estudantes distribuídos em oito grupos de trabalho com cinco integrantes cada. Em cada grupo, um apresentador deverá ser escolhido e este ficará fixo em sua estação de trabalho; os outros quatro integrantes, denominados de convidados, percorrerão as estações dos demais grupos. Os oito grupos recebem rótulos de A até H. O professor distribui os estudantes de tal maneira que todos os oito grupos tenham um apresentador e quatro convidados em cada rodada. Na primeira rodada, sugere-se que os quatro integrantes convidados do grupo A se dirijam para o grupo B, os quatro convidados do grupo B se dirijam ao grupo C, e assim sucessivamente, até que os convidados percorram todos os grupos. Um tempo fixo para cada rodada deve ser estipulado (sugere-se dez minutos), com a finalidade de os convidados poderem ouvir, do apresentador, uma síntese da proposta e, posteriormente, oferecerem sugestões de melhoria do trabalho. O apresentador anota, em cada rodada, as sugestões recebidas.

No presente exemplo, duas aulas de 50 minutos são necessárias, incluindo as explicações iniciais e a organização da sala de aula. Um intervalo pequeno pode ser realizado a cada três rodadas para que os participantes tomem um café ou façam um pequeno

lanche, criando um ambiente mais informal e descontraído, de onde vem a denominação “*learning café*”. A atividade deve ser dinâmica e com uma gestão do tempo rigorosa, a fim de se manter a proposta de trabalho. Uma aula adicional pode ser necessária para que o apresentador de cada grupo mostre a todos na sala de aula as sugestões recebidas, em uma síntese de cinco minutos, para o fechamento e as considerações a respeito do desenvolvimento dos trabalhos.

O *learning café* é uma forma de compartilhamento de informações em que os grupos recebem sugestões de praticamente todos os participantes, muitas delas relevantes a ponto de fornecer uma melhoria significativa no trabalho desenvolvido. A técnica também permite uma avaliação por pares, uma vez que os integrantes dos demais grupos são encorajados a destacar os pontos positivos e os pontos que requerem melhorias em cada proposta. Além de desenvolver empatia entre os estudantes na sala de aula, trabalha-se com a colaboração e a criatividade, em um exercício de melhoria da proposta com a aceitação de críticas construtivas ao desenvolvimento proposto. O compartilhamento de experiências também promove o fortalecimento dos grupos, que aprendem a importância da divisão de tarefas e do trabalho em equipe. A avaliação por pares pode ser também realizada por meio de outras técnicas, como a aplicação de questionários aos participantes, para que estes possam destacar as potencialidades de cada trabalho, com o mesmo objetivo de sugerir aos grupos alguns pontos para a melhoria das propostas

apresentadas e indicar questões que possam ser melhor desenvolvidas.

3.6 Aprimoramento do trabalho e alinhamento das ações

A partir das sugestões recebidas nas etapas anteriores, é importante que os grupos tenham ao menos duas semanas para o aprimoramento do trabalho, demonstrando, semanalmente, a evolução do seu desenvolvimento com postagens no mural virtual (*Padlet*) ou no grupo privado das redes sociais, de tal maneira que o professor possa promover o alinhamento das ações visando melhorar a qualidade do resultado final. Esse é o momento em que o professor pode retornar a conteúdos específicos porventura não bem compreendidos e enfatizar aspectos teórico-práticos necessários para o desenvolvimento do trabalho. As visitas técnicas e/ou palestras com profissionais das áreas em estudo podem ser utilizadas para que os estudantes tenham um contato mais estreito com o mundo real.

Nesta etapa, os grupos podem tornar disponíveis, para o professor e para os demais membros da turma, vídeos de curta duração, prévias de apresentações (por exemplo, Microsoft Powerpoint®, Prezi⁴) ou comentários a respeito do trabalho. É importante que os estudantes

4 Prezi: <https://prezi.com/pt/>

considerem, para a correta gestão do tempo, os encontros extraclasse com os integrantes do seu grupo e a preparação do material para a apresentação final (slides, maquetes, protótipos, entre outros).

3.7 Autoavaliação

Concomitantemente ou em sequência à etapa anterior, é importante que os estudantes sejam submetidos a uma autoavaliação, para que possam se situar em relação às habilidades e às competências esperadas com a aplicação da PBL. Uma sugestão de ficha de autoavaliação a ser utilizada é ilustrada no Quadro 2, com ênfase na atitude dos estudantes ao trabalhar as habilidades do século XXI, incluindo os “4 Cs” já mencionados na subseção 3.4 deste capítulo (NEA, 2012).

A autoavaliação deve ser aplicada, preferencialmente, após completados dois terços da carga horária do período (e não apenas ao final da unidade curricular), para que o estudante possa, a partir da atribuição de suas próprias notas em cada critério avaliado, observar em quais pontos é necessária sua maior atenção e adaptar o seu comportamento de maneira a obter um melhor aproveitamento nos critérios apontados como importantes. Na experiência dos autores, a autoavaliação pode ser utilizada como um dos itens de avaliação da unidade curricular, integrando parte da nota ou conceito do estudante, pois possui importância e representatividade suficiente para tal.

Quadro 2 – Exemplo de ficha de autoavaliação aplicada para estudantes de Ciências do Ambiente no curso de Engenharia Elétrica do IFPB – Campus João Pessoa

Ficha de Autoavaliação - Ciências do Ambiente					
Nome: _____		Matrícula: _____			
Data: _____		Período: _____			
Faça a sua autoavaliação e indique a pontuação mais adequada em cada um dos critérios abaixo:					
Crítérios avaliados	1	2	3	4	5
1. Utilizei meus conhecimentos prévios para desenvolver as tarefas propostas pelo professor					
2. Fui assíduo às aulas presenciais e acompanhei com frequência as atividades registradas on-line no grupo privado					
3. Aproveitei os materiais (vídeos, links, ideias) que o professor disponibilizou on-line					
4. Interagi com os alunos da minha turma e de outras turmas a respeito do trabalho de desenvolvimento proposto					
5. Fui propositivo dentro do meu grupo na apresentação de ideias e soluções para os problemas enfrentados pela equipe					
6. Consegui colocar à disposição do meu grupo todo o meu potencial para atingir o resultado final do projeto					
7. Busquei interação com outros professores para solucionar problemas e melhorar o trabalho proposto					
8. Utilizei laboratórios, biblioteca e demais recursos disponíveis no IF para melhorar o meu trabalho					
9. Tive iniciativa, curiosidade, persistência e liderança dentro do meu grupo					
10. Fui colaborativo com meu grupo e tive capacidade de pensar com criatividade para a resolução de problemas					
Total: _____					

Fonte: elaborado pelos autores

3.8 Apresentação dos resultados

Os resultados do desafio do trabalho final – descrito na subseção 3.3 e aprimorado ao longo das etapas anteriores – podem ser apresentados por meio de um seminário ao final da unidade curricular. Esse momento representa a oportunidade de os grupos mostrarem todas as evidências de aprendizado que tiveram ao longo do desenvolvimento de sua proposta de trabalho, expondo, de forma sintética e objetiva, o problema estudado e as soluções encontradas pelo grupo. É importante que os critérios de avaliação do seminário sejam previamente esclarecidos aos estudantes. Um exemplo de rubrica a ser aplicado por ocasião da apresentação é ilustrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Rubrica de avaliação do seminário da disciplina de
Ciências do Ambiente para o curso de Engenharia Elétrica do IFPB
– Campus João Pessoa

Seminário Final – Ciências do Ambiente						
Identificação do grupo:						
Tema: _____		Data: _____		Período: _____		
		Não atingido – 1	Em aproximação – 2	Atingido – 3	Excedido – 4	Pontos
A	Relevância do tema	Tema irrelevante do ponto de vista ambiental	Tema não atual ou pouco relevante do ponto de vista ambiental	Tema atual e relevante do ponto de vista ambiental	Tema atual e relevante do ponto de vista ambiental, econômico e social	
B	Apresentação	Palavras mal pronunciadas; Sem contato visual (muita leitura de material auxiliar); Falta de entendimento da mensagem central; Plateia desconectada, sem participação.	Algumas palavras mal pronunciadas; Algum contato visual (pouca leitura de material auxiliar); Pouco entendimento da mensagem central; Alguma participação da plateia.	A maioria das palavras bem pronunciadas; Bom contato visual (leitura mínima de material auxiliar); Mensagem central compreendida; Plateia participante.	Pronúncia fluente e clara; Contato visual efetivo (uso mínimo de notas); Mensagem amplamente compreendida; Plateia participante desde o início da apresentação.	
C	Organização	Sem organização dos slides; Sem informações iniciais; Sem detalhes sobre o problema e seu contexto.	Alguma organização dos slides; Poucas informações; Poucos detalhes sobre o problema e seu contexto.	Boa organização dos slides; Informações adequadas; Bons detalhes sobre o problema e seu contexto.	Slides completamente organizados; Informações completas; Detalhes completos sobre o problema e seu contexto.	
D	Solução e extras	Solução para o problema estudado não presente; Sem apresentação de extras (maquete, simulação, programação, esquema, entre outros).	Solução para o problema estudado não justificada/fundamentada; Sem apresentação de extras (maquete, simulação, programação, esquema, entre outros).	Solução para o problema estudado presente e justificada/fundamentada; Com apresentação de extras (maquete, simulação, programação, esquema, entre outros).	Solução para o problema justificada/fundamentada e exequível; Com apresentação de extras (maquete, simulação, programação, esquema, entre outros).	

Fonte: elaborado pelos autores

A preparação para o dia da apresentação deve esclarecer aos estudantes que o seminário é, simplesmente, uma etapa do seu desenvolvimento acadêmico na unidade curricular, retirando deles a eventual carga excessiva de preocupação em relação ao evento. Por outro lado, deve ser enfatizada a importância de os grupos encararem o seminário de apresentação com a responsabilidade, o comprometimento e a seriedade requeridos, pois este representa uma simulação de uma situação profissional que os estudantes podem encontrar no futuro, como entrevistas de emprego, apresentação de propostas comerciais ou defesas de tese. Para fortalecer ainda mais o seminário, pode-se compor a plateia do evento com estudantes de outras turmas ou mesmo com convidados da própria instituição ou com profissionais de organizações parceiras.

3.9 Redação de trabalhos científicos para eventos ou depósito de patentes

Após a apresentação do trabalho em seminário, os estudantes são requeridos a redigir um resumo expandido, com duas a quatro páginas, contendo, basicamente, uma introdução, os objetivos, os materiais e métodos, os resultados, uma pequena discussão, conclusões e bibliografia, caso seja possível. Esse resumo é um item de avaliação para a composição da nota, ou conceito final, da unidade curricular.

Para a maioria dos trabalhos, exceto alguns poucos em que não há experimentação e nem a criação de um protótipo ou aprimoramento de um processo, é possível a preparação de um documento organizado de modo a atender aos critérios da redação científica. Esse documento, estruturado ao final da disciplina, pode ser aproveitado no período seguinte para a elaboração de um projeto de iniciação científica, atendendo eventuais editais disponíveis para fomento na instituição ou fora dela, permitindo um estudo mais aprofundado do problema a partir das hipóteses já formuladas para a sua resolução.

Nos casos de trabalhos mais adiantados em que houve o desenvolvimento de experimentos e dados obtidos a partir de medições com repetição, os estudantes são encorajados a redigir um artigo completo apresentando os resultados conclusivos após a utilização de ferramentas de análise estatística clássica, geoestatística ou estatística descritiva, que pode ser enviado para publicação em eventos de divulgação científica ou, menos comumente, a periódicos científicos, após efetuadas as revisões necessárias. Essa fase ocorre, geralmente, nos períodos subsequentes à finalização da unidade curricular e seu sucesso depende bastante da motivação, iniciativa e persistência do grupo de estudantes. Possíveis patentes também podem ser consideradas para depósito, dependendo das características de inovação do produto final ou do protótipo gerado com o trabalho.

3.10 Encerramento da PBL na unidade curricular e avaliação das competências desenvolvidas

A última semana de aula da unidade curricular deve ser separada para o seu fechamento, com destaque para os resultados obtidos durante o período. Se a proposta metodológica deste capítulo foi aplicada na maior parte do tempo, é importante mostrar aos estudantes todas as habilidades adquiridas e relacioná-las com a sua atuação profissional, além de destacar os resultados da sua proposta de trabalho em si. Alguns destes trabalhos podem, já ao final do período, ser aproveitados para submissão a eventos de natureza científica, como explicado na subseção 3.9 deste capítulo.

Para a verificação das habilidades ou competências relacionadas à unidade curricular, o professor pode realizar entrevistas, aplicação de testes ou qualquer outra ferramenta que permita a avaliação das competências conforme o perfil profissional desejado. Os critérios de avaliação devem ser muito bem definidos, dando ênfase ao desenvolvimento dos estudantes.

Alguns exemplos de competências avaliadas na unidade curricular de Ciências do Ambiente para Engenharia Elétrica dizem respeito à capacidade do estudante de: a) relacionar os problemas ambientais presentes no mundo moderno com os estágios de desenvolvimento econômico em diferentes partes do seu estado, do Brasil e do mundo; b) compreender as relações entre os seres vivos e o ambiente, analisando como o equilíbrio dinâmico pode ser afetado em decorrência de

modificações antrópicas nessa interação; c) reconhecer os principais ciclos biogeoquímicos no planeta, realizando uma análise crítica a respeito da interferência humana nesses processos e das consequências ambientais dela decorrentes; d) analisar exemplos reais de poluição da água, do solo e do ar com base nos atores envolvidos, formulando uma proposta simplificada de redução ou mitigação do problema considerando a viabilidade técnica e os custos envolvidos; e) organizar a proposição de soluções para problemas ambientais reais considerando a legislação ambiental específica relacionada; f) identificar as características dos sistemas de gestão ambiental, reconhecendo os aspectos considerados relevantes a serem observados pelas empresas para a obtenção de certificações ambientais.

4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Após cada período de oferta da unidade curricular de Ciências do Ambiente para o curso de Engenharia Elétrica, os estudantes envolvidos em trabalhos que se destacaram no seminário final foram encorajados a dar prosseguimento aos projetos, tendo em vista a sua qualidade e o seu potencial. Em alguns deles, a submissão a eventos de natureza variada foi bem-sucedida, em virtude da relevância dos resultados obtidos, como apresentado nos estudos de caso desta seção, frutos da aplicação da PBL.

Caso 1. Economia de energia elétrica

Desafio inicial: economizar energia elétrica a partir de intervenções tecnológicas nos principais aparelhos utilizados em uma residência.

Tópicos relacionados: problemas ambientais globais e a relação com o desenvolvimento econômico; a crise energética.

Resultado da PBL: desenvolvimento de um protótipo para reduzir o desperdício de energia elétrica e aumentar a eficiência dos equipamentos de ar-condicionado.

No mundo real: os estudantes Vitória Régia Santana Santos e Júlio César Coêlho Barbosa Torquato aprimoraram a proposta da PBL desenvolvida na unidade curricular e apresentaram, sob a orientação do professor, o trabalho intitulado “Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle de condicionadores de ar a baixo custo” no III Encontro Internacional de Jovens Investigadores (Edição Brasil) – JOIN 2017, ocorrido de 12 a 14 de outubro de 2017 em Fortaleza-CE (SANTOS *et al.*, 2017).

Caso 2. Uso racional de água

Desafio inicial: racionalizar o consumo residencial ou industrial de água a partir da aplicação das tecnologias da informação.

Tópicos relacionados: problemas ambientais globais e a relação com o desenvolvimento econômico; recursos naturais, poluição e desenvolvimento; a crise energética.

Resultado da PBL: desenvolvimento de aplicativo para *smartphones* para controle e monitoramento do uso de água em residências.

No mundo real: o estudante Luís Hendrik de Souza Brito dos Santos aprimorou a proposta intitulada “ECO *water*: dispositivo de monitoramento de fluxo d’água em tempo real”, que foi submetida e aprovada na Fase 1 do Edital Nº 10/2019 – Chamada Pública do Programa Nacional de Apoio à Geração de Empreendimentos Inovadores, Programa Centelha (PB) –, executada no estado da Paraíba pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), na temática Internet das Coisas (IoT)⁵.

Caso 3. Automação de aparelhos domésticos

Desafio inicial: promover economia de água e redução do consumo de energia em uma residência por meio da automação dos chuveiros elétricos.

Tópicos relacionados: recursos naturais, poluição e desenvolvimento; a crise energética; sistemas de Gestão Ambiental.

5 Resultado no link: <http://programacentelha.com.br/wp-content/uploads/2019/09/resultado-final-fase-1-centelha.pdf>

No mundo real: os estudantes Kijartan Alencar Barros de Vasconcelos, Villenêve de Oliveira Soares e Lucas Bezerra Cavalcante aprimoraram a proposta desenvolvida na unidade curricular e redigiram, sob a orientação do professor, o projeto de pesquisa intitulado “Chuveiro ecológico inteligente controlado por sistema automatizado”, aprovado com bolsa no Edital N° 06/2018 – Programa Institucional de Bolsas do IFPB – *Campus* João Pessoa, e apresentado no 3° Simpósio de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do IFPB (III SIMPIF), realizado de 28 a 30 de novembro de 2019 (VASCONCELOS; SOARES; D’ANDREA, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta metodológica apresentada neste capítulo pode ser adaptada conforme as características das unidades curriculares que compõem um curso de Engenharia. Evidentemente, a aplicação da proposta em disciplinas técnicas é facilitada pela própria natureza mais prática e/ou experimental da unidade curricular, podendo haver situações em que apenas poucas etapas desta proposta sejam viáveis para aplicação a uma determinada disciplina do curso. Cabe ao professor avaliar a melhor maneira de atingir seus objetivos de aprendizagem e verificar a adequabilidade desta proposta metodológica em seu cotidiano. Ainda assim, é importante frisar que a experiência dos autores tem mostrado grande comprometimento por parte dos

estudantes nas atividades propostas e uma maior maturidade para trabalhar em equipe ao final da unidade curricular.

Tal proposta metodológica possui todos os elementos de uma Aprendizagem Baseada em Projetos descritos por Smith (2018), como: a) conteúdo significativo – baseado no currículo; b) competências do século XXI – resolução de problemas, pensamento crítico, colaboração, comunicação e criatividade; c) investigação aprofundada – questionamentos, pesquisa e discussão; d) questão motivadora – norteia todo o projeto; e) lista de pontos a aprender – habilidades e competências num cenário realista; f) voz e escolha – autonomia e engajamento dos estudantes; g) crítica e revisão – fornecimento de *feedback* contínuo aos estudantes; h) plateia pública – apropriada para apresentação do produto final. Ainda que a publicação de Smith supramencionada esteja relacionada a atividades práticas para a educação básica, os fundamentos da PBL são aplicáveis a todos os níveis de ensino, incluindo o superior, tornando universal a utilização desse método de aprendizagem ativa.

Como proposições para o aprimoramento desta proposta e direcionamento para pesquisas futuras, sugere-se considerar a adaptação da proposta metodológica a diferentes cursos de Engenharia, com os ajustes pertinentes. Alguns pontos podem ser considerados, como: a) quais as unidades curriculares que podem utilizar a proposta metodológica com maior chance de sucesso?; b) como desenvolver ferramentas (digitais ou não) para a correta gestão do tempo e

para o alinhamento de ações para que o trabalho seja apresentado com resultados satisfatórios ao final da unidade curricular?; c) como distribuir as avaliações ao longo do período de modo que o estudante possa acompanhar o seu desempenho e intensificar esforços nos pontos que requerem melhorias?

Enfatiza-se a necessidade de se levar em consideração a revisão e a atualização das habilidades e competências profissionais relacionadas à unidade curricular almejada, diretamente ligadas ao projeto pedagógico do curso de Engenharia em questão. Em um mundo em constante transformação, é necessário que os currículos sejam atualizados periodicamente para uma formação profissional que possa resultar em uma ação bem-sucedida no mundo do trabalho.

Referências

BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos:** educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Grupo A, 2014.

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**, ano 9, n. 17, p. 142-146, 2014. Disponível em: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/actas_de_diseno/detalle_articulo.php?id_libro=485&id_articulo=10252. Acesso em: mai. 2021.

BROWN, J. **A resource guide for The World Café**. California: World Café Community, 2002. Disponível em: http://www.meadowlark.co/world_cafe_resource_guide.pdf. Acesso em: jan. 2020.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: MEC, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2sGHkO9>. Acesso em: jan. 2020.

DE GRAFF, E.; KOLMOS, A. Characteristics of problem-based learning. **International Journal of Engineering Education**, v. 17, n. 5, p. 652-657, 2003. Disponível em: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf>. Acesso em: jun. 2020.

DOLMANS, D. H. J. M. *et al.* Problem-based learning: future challenges for educational practice and research. **Medical Education**, v. 39, n. 7, p. 732-741, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15960794/>. Acesso em: jun. 2020.

FERNANDES, A. C. *et al.* Sistema de aquisição de sinais ECG processado pelo LabVIEW com comunicação Wi-Fi por meio do módulo ESP8266. **Principia (João Pessoa)**, v. 34, p. 62-68, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n34p62-68>.

Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1337>. Acesso em: jun. 2020.

KOLMOS, A. Reflections on project work and problem-based learning. **European Journal of Engineering Education**, v. 21, n. 2, p. 141-148. 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043799608923397>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/s/10.1080/03043799608923397?journalCode=ceee20>. Acesso em: jun. 2020.

LARMER, J; MERGENDOLLER, J.; BOSS, S. **Setting the standard for Project Based Learning**: a proven approach to rigorous classroom instruction. Alexandria: Association for Supervision & Curriculum Deve (ASCD), 2015.

MCMASTER UNIVERSITY. **Educational methods**. Problem based learning. Hamilton: McMaster University, 2015. Disponível em: <https://mdprogram.mcmaster.ca/md-program/overview/pbl---problem-based-learning>. Acesso em: mai. 2021.

MOREIRA, A. F. *et al.* Desenvolvimento de um viscosímetro Saybolt Furol em temperaturas variadas, utilizando o conceito da ABP na disciplina de Instrumentação Eletrônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 43., 2015, São Bernardo do Campo. **Anais [...]**. São Bernardo do Campo: ABENGE, 2015.

NASCIMENTO, F. L. P. *et al.* Cultivo do tomate-cereja em uma estufa automatizada como estudo de caso da aplicação da ABP em Instrumentação Eletrônica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 44., 2016, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABENGE, 2016.

NEA. National Education Association. **Preparing 21st century students for a global society**: an educator's guide to the "Four Cs". Alexandria: National Education Association, 2012.

OLIVEIRA, D. A. *et al.* Estação meteorológica automática (EMA) parcial como estudo de caso da aplicação da ABP em disciplina de Engenharia Elétrica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 45., 2017, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: ABENGE, 2017.

OSTERWALDER, A.; PINEUR, Y. **Business model generation**: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. Hoboken: Wiley, 2010.

RYYMIN, E. *et al.* Brazilian teacher students' motivation, challenges and change by doing. **HAMK Unlimited Journal**, 2018. Disponível em: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020111690586>. Acesso em: mai. 2021.

RYYMIN, E.; D'ANDREA, A. F. Pedagogical goals and practical implementations within the Finnish-Brazilian

Gira Mundo Finlândia pilot programme. **HAMK Unlimited Scientific**. 2018. Disponível em: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020111690496>. Acesso em: mai. 2021.

SANTOS, V. R. S. *et al.* Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle de condicionadores de ar a baixo custo. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE JOVENS INVESTIGADORES, 3., 2017, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: JOIN, 2017.

SMITH, A. **Project Based Learning made simple**: 100 classroom-ready activities that inspire curiosity, problem solving and self-guided discovery for third, fourth and fifth grade students. Berkeley: Ulysses Press. 2018.

SOUZA, M. A. *et al.* Perimeter monitoring system using ZigBee as result of using PBL in the Electronic Instrumentation course. In: IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA (ARGENCON), Buenos Aires. **Proceedings** [...]. Buenos Aires: IEEE, 2016. DOI: 10.1109/ARGENCON.2016.7585349. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7585349>. Acesso em: jan. 2021.

VASCONCELOS, K. A. B.; SOARES, V. O.; D'ANDRÉA, A. F. Chuveiro ecológico inteligente controlado por sistema automatizado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO DO IFPB, 3., 2019, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: Editora IFPB, 2020. v. 1. p. 211-

213. Disponível em: <http://editora.ifpb.edu.br/index.php/ifpb/catalog/book/358>. Acesso em: mai. 2021.

Capítulo 2

METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA

Silvana Rodrigues Quintilhano

Rogério Tondato

Ana Carolina Piccinini de Alencar Schiavi

1 INTRODUÇÃO

O cenário educacional, especificamente no ensino superior, traz em seu escopo uma longa trajetória de ensino pautada na transmissão de conhecimento

unilateral, equivocadamente centrada no professor, enquanto o aluno figura como mero agente passivo no processo de aprendizagem. Contudo, a era digital, que impulsionou as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), também gerou uma profunda revolução comportamental, modificando aspectos como a comunicação e a transmissão de conhecimentos, gerando a necessidade de atualização docente em relação à sua conduta didática para a inclusão dessas novas ferramentas no processo de aprendizagem, visando relacionar esse suporte tecnológico com as novas demandas que o mercado de trabalho apresenta.

Nesse contexto, novas metodologias de aprendizagem, como por exemplo “sala de aula invertida”, “Aprendizagem Baseada em Problemas”, “ensino híbrido” e “Aprendizagem Baseada em Projetos” (SANTOS; ALMEIDA, 2018), surgiram como forma de direcionar as estratégias de ensino para uma participação ativa e crítica do aluno, estimulando raciocínio lógico e uma relação eficiente entre a teoria e a prática (SILVA, 2018). Tais metodologias aliadas às TIC trouxeram novos formatos didáticos para a sala de aula, como o método da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). A metodologia ativa ABPj é uma das que priorizam a formação centrada no aluno. Essa metodologia tem o objetivo de realizar o processo de ensino e aprendizagem por meio da construção de projetos contextualizados na vida real, o que proporciona ao aluno o aprendizado colaborativo em uma situação prática (SILVA, 2018).

Sob esse escopo, o objetivo deste capítulo é realizar uma análise da percepção didática e da motivação na aquisição de conhecimentos obtidos pelos alunos de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus Londrina*, a partir do desenvolvimento da metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada à disciplina de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho, no ano letivo de 2019.

Metodologicamente, este capítulo se divide da seguinte forma: primeiro, são abordados conceitos teóricos sobre as metodologias ativas e sobre o método Aprendizagem Baseada em Projetos; em seguida, os aspectos metodológicos da pesquisa são explanados; por fim, as análises dos dados levantados na pesquisa aplicada são apresentadas e discutidas.

2 METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

De acordo com Zanon *et al.* (2015), o uso das metodologias ativas refere-se à ação do discente com seus estudos, tendo o professor como mediador e orientador da construção do conhecimento. Para Berbel (2011), tais metodologias são formas inovadoras de desenvolver o aprendizado, aproximando o discente das atividades necessárias à sua prática social por meio da aplicação de experiências reais ou simuladas. O grande desafio, segundo a autora, é fazer com que os profissionais docentes procurem adotar essas metodologias ativas ao invés das tradicionais aulas expositivas e que os

alunos reconheçam seu papel ativo nesse novo processo de ensino-aprendizagem, pois a “metodologia ativa é um processo amplo e possui como principal característica a inserção do aluno/estudante como agente principal responsável pela sua aprendizagem, comprometendo-se com seu aprendizado” (AHLERT; WILDNER; PADILHA, 2017, p. 9).

O sucesso das metodologias ativas pode ser alcançado ao conceder protagonismo aos estudantes, que, por meio de sua participação, podem desenvolver melhor os conhecimentos. Dessa forma, as atividades devem ser elaboradas pensando em formas de promover autonomia e incentivar a busca por respostas. As metodologias ativas são, portanto, a base para o planejamento de situações de aprendizagem, havendo uma significativa contribuição para o desenvolvimento da autonomia do discente, em que a teorização passa a ser o ponto de chegada e não mais o de partida (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

De acordo com Abrantes *et al.* (2018), as metodologias ativas promovem problematizações que objetivam instigar o educando a fim de que este tenha a possibilidade de examinar, refletir, posicionar-se de forma crítica, além de desenvolver métodos ou experimentos que solucionem o problema designado. Paula *et al.* (2018, p. 163) ressaltam que, “no tocante ao ensino, a promoção da mudança deve se ancorar na possibilidade de produzir um processo didático que vá além da transmissão de informação”, pois tais metodologias respaldam-se em aulas com resoluções de problemas e inserem o aluno

como principal agente no processo de aprendizagem significativa, desenvolvendo, também, sua habilidade de trabalho em grupo. Essa aprendizagem significativa conduz o aluno a relacionar seu conhecimento prévio com a nova informação, aprendendo de modo preciso.

Ainda sobre a aprendizagem significativa, Lemos (2011) complementa que esta somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente. Para que essa relação ocorra, é preciso que exista uma predisposição para aprender. Ao mesmo tempo, é necessária uma situação de ensino potencialmente significativa, planejada pelo professor, que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e o uso social do objeto a ser estudado.

Assim, para que esse modelo de aprendizagem aconteça, o aluno necessita ter uma estrutura cognitiva preexistente, mesmo que mínima, para que, assim, ele a relacione com o novo conteúdo. Nesse sentido, a motivação vem para impulsionar a busca pelo conhecimento, o interesse conduz ao foco, o compartilhamento de experiências leva a novas atividades e múltiplos conhecimentos e a interação em contextos variados auxilia na construção de habilidades e competências. O professor/mediador investirá em ações que promovam a busca pelo autoconhecimento do discente para que ele se sinta responsável por seu aprendizado. É evidente que as metodologias ativas incentivam os alunos na busca pela autonomia e construção individual do aprendizado, fazendo surgir, nas diversas áreas de conhecimento,

várias estratégias de ensino e aprendizagem priorizando a formação centrada no aluno.

3 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABPj)

O objetivo de uma formação profissional, de acordo com Santin e Ahlert (2018), é que o estudante possa aprender e praticar atividades que representem a realidade de sua futura profissão ou que contribuam com o seu dia a dia de trabalho. Essa relação entre a prática profissional e a sala de aula requer que exista um ambiente de aprendizado em que o estudante se sinta motivado a aprender e perceba a importância do conteúdo abordado.

Nesse contexto, segundo Silva (2018), a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) foi uma técnica desenvolvida pelo filósofo John Dewey (em 1900), que comprovou o aprendizado mediante o fazer. É uma metodologia de ensino com vista no desenvolvimento de habilidades por meio da construção de projetos contextualizados com problemas ligados à vida real. Nela, os estudantes atuam de forma colaborativa e planejam ativamente, a partir de um projeto elaborado e avaliado pela aplicação prática. Os alunos devem ter a iniciativa de resolver problemas ou encontrar respostas para questões complexas, utilizando um plano de ação, que serve de apoio para as suas equipes solucionarem o problema, dentro do projeto (SONDERMANN; BALDO, 2016).

Nesse modelo de aprendizagem, um mesmo projeto realizado por grupos distintos pode chegar a resultados diferentes, trazendo para a turma aprendizados diversos. A ABPj é uma forma de ensino que faz com que os alunos confrontem os problemas vividos no mundo real que considerem significativos, pensando em como abordá-los e, então, sendo cooperativos entre si em busca da solução. Assim, tal metodologia exige uma prática flexível, tendo os professores como mediadores do processo, enquanto os alunos organizam suas pesquisas elegendo os conteúdos prioritários para sua autoaprendizagem. Dessa forma, esse método favorece a aprendizagem, reconstrói o conhecimento e molda-o às necessidades e à imagem do aluno, promovendo uma construção ativa de significados para quem aprende e, simultaneamente, tornando a aprendizagem mais duradoura, pela interiorização que promove (PINHEIRO; SARRICO; SANTIAGO, 2011).

Bento (2011) relatou as fases para a aplicação da ABPj, que são: planejamento, execução, análise e depuração, apresentação e avaliação, conforme ilustrado no Quadro 1. Acrescentando aspectos metodológicos, Thomas (2000 *apud* PASQUALETTO, 2018) apresenta cinco critérios que uma ABPj deve possuir:

- Centralidade – os projetos devem ser a estratégia central de ensino;
- Foco em questões ou problemas que movem os alunos ao encontro dos princípios e conceitos centrais de uma disciplina;

- Investigações que envolvem transformação e construção do conhecimento –desenvolvimento de novas habilidades;
- Autonomia para que os alunos determinem o caminho da investigação, e realismo – incorporação dos problemas à vida real;
- Soluções potencialmente capazes de serem implantadas.

Quadro 1 – Estrutura de aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos

Etapas	Descrição
<i>1 – Planejamento</i>	Nesta fase, os alunos apresentarão um plano de trabalho, estabelecendo as tarefas que serão desenvolvidas e definindo as responsabilidades de cada componente do grupo, e elaborarão um cronograma para execução das etapas do projeto
<i>2 – Execução</i>	Nesta etapa, os alunos irão procurar e reunir informações necessárias para a elaboração do projeto
<i>3 – Análise e depuração</i>	Nesta fase, os alunos apresentarão as informações colhidas, e o grupo irá compartilhar e discutir as ideias e informações para começar a estruturar o projeto
<i>4 – Apresentação</i>	Nesta fase, os alunos colocarão em prática suas habilidades ao exporem claramente o que aprenderam e ao responderem o problema desafiador proposto pelo professor. Dentro da apresentação, haverá um momento para fazer um balanço e analisar todas as equipes e o professor conjuntamente. O intuito é que, após exporem e verem os trabalhos uns dos outros, os grupos se comuniquem e compartilhem suas ideias para gerar uma resposta consensual para a questão desafiadora
<i>5 – Avaliação</i>	A avaliação é formativa e baseada no desempenho (a autoavaliação e avaliação pelos pares). Nesta etapa, os grupos podem verificar em quais aspectos foram bem-sucedidos, se houve pontos que poderiam melhorar etc.

Fonte: adaptado de Bento (2011) e Silva (2018)

De acordo com Abrantes *et al.* (2018), essa metodologia faz o aprender e o fazer ferramentas inseparáveis. Aprender dessa forma requer a exploração do contexto, a comunicação e a criação a partir do conhecimento. Após concluídos os resultados, os alunos podem expô-los em formatos multimídia, possibilitando o aprendizado também dos colegas, os quais participaram de outros projetos, gerando, dessa forma, um compartilhamento saudável de informações.

4 MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA

Metodologicamente, a pesquisa-ação foi utilizada, pois as aulas da disciplina de “Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho” do curso de Engenharia de Produção da UTFPR – *Campus* Londrina foram formuladas a partir de projetos, e o andamento das atividades foi determinado pelo ritmo de acompanhamento do desenvolvimento dos alunos (GIL, 2008). Quanto à natureza da pesquisa, a abordagem é quali-quantitativa, pois buscou-se a medição de alguns fatores acerca da metodologia aplicada, mas também há certa subjetividade e imprevisibilidade no desenvolvimento do projeto. Segundo Oliveira (2011), a pesquisa quanti-qualitativa compreende a junção das abordagens qualitativas e quantitativas, com uma sendo complementar a outra, ou seja, realiza-se uma coleta de dados e posteriormente uma análise dos resultados obtidos. Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, pois registra e analisa, classificando

os pontos positivos e negativos da metodologia, no intuito de verificar os fatores que determinam a eficácia dos métodos aplicados (GIL, 2008).

O instrumento de coleta de dados utilizado foi o questionário, aplicado por meio do Google Forms¹, com perguntas fechadas, para a percepção didática. Para a validação da aquisição dos conhecimentos específicos, avaliou-se o desenvolvimento e a elaboração do projeto na disciplina de “Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho”. Como paradigma de análise, foi considerado o levantamento da satisfação dos colaboradores e o tratamento para melhoria da qualidade de vida dentro do ambiente de trabalho, pontuando a absorção dos aspectos biopsicossociais nas ações, a criatividade, o comportamento ético, a participação e a assiduidade nas aulas.

Esta pesquisa advém do projeto “Gestão de qualidade de vida no trabalho: projetos de intervenção em empresas e indústrias de Londrina/PR”, protocolado como ação de extensão e vinculado à disciplina de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho. Esse projeto, além de apresentar práticas inovadoras para a Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho, contribui, de forma qualitativa, para a melhoria do desempenho dos colaboradores das empresas parceiras, abrangendo, assim, o indissociável tripé de atividades “ensino, pesquisa e extensão”, que é prerrogativa da universidade.

1 Google Forms. Disponível em: <https://www.google.com/forms/about/>

O recorte deste capítulo analisa os resultados obtidos no ano letivo de 2019, comparando-os com os resultados obtidos em 2018, quando a metodologia de ensino aplicada foi a tradicional. Os sujeitos da pesquisa são os discentes regularmente matriculados na disciplina Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho, o que corresponde a 66 participantes no ano de 2019. Foram atendidas seis empresas de pequeno, médio e grande porte da cidade de Londrina-PR.

5 APLICAÇÃO DA ABPj NA DISCIPLINA DE GESTÃO DE QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Nos últimos anos, os setores industrial e empresarial passaram por uma revolução na produtividade. A busca pelo aumento do rendimento elevou, drasticamente, o ritmo de trabalho e, concomitantemente, elevou o nível de insatisfação do colaborador, baixando a eficiência. É nesse contexto que surge a necessidade de um pensamento mais humanístico em relação a Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) (CONTE, 2003) e, conseqüentemente, de uma maior eficiência no âmbito organizacional.

Nessa nova perspectiva de trabalho, o processo de gestão de pessoas reformula-se. Segundo Chiavenato (2014, p. 419),

o conceito de QVT envolve o diagnóstico e implantação de melhorias e inovações gerenciais, tecnológicas e estruturais dentro e fora do ambiente de trabalho, visando proporcionar condições plenas de desenvolvimento humano durante a realização do trabalho.

A QVT representa um profundo respeito pelas pessoas, com base na visão integral e ética do ser humano, pois, de acordo com França-Limongi (2004, p. 43),

qualidade de vida é estar saudável, desde a saúde física, cultural, espiritual até a saúde profissional, intelectual e social. Cada vez mais as empresas que desejarem estar entre as melhores do mercado deverão investir nas pessoas. Portanto, qualidade de vida é um fator de excelência pessoal e organizacional.

Considerando tais transformações no ambiente organizacional e a importância da formação acadêmica estar alinhada à prática, faz-se necessário repensar as estratégias de ensino. O curso de Engenharia de Produção possui uma ampla área de atuação, tanto nos aspectos técnicos quanto nos humanísticos. Isso oportuniza, em muitas disciplinas, pensar em projetos que atendam às necessidades “reais” das empresas e dos colaboradores, buscando alcançar os objetivos

organizacionais e, em consequência, aumentar significativamente a produtividade e/ou melhorar a qualidade de bens e serviço, como se fez na disciplina de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho, conforme descrito nesta pesquisa.

Para a utilização de uma metodologia ativa, um planejamento para a disciplina foi elaborado, adequando-a à Aprendizagem Baseada em Projetos, o que possibilitou uma abordagem extensionista, pelo seu desenvolvimento nas empresas. O projeto da disciplina foi registrado no Departamento de Extensão (DEPEX) da UTFPR, contabilizando 60 horas-aula. Vale ressaltar que a disciplina é semestral. O relato compreenderá, portanto, desempenho de duas turmas, totalizando 66 alunos participantes.

Antes de iniciar a aplicação da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, foram planejadas aulas teóricas, com carga horária de 10 horas, sobre o conceito de Gestão de Pessoas e QVT, modelos e programas de QVT, que serviram de fundamentação teórica para o desenvolvimentos dos projetos de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho (GQVT).

A metodologia respaldou didaticamente as etapas descritas no Quadro 1, aplicadas na disciplina de GQVT, utilizando os conceitos da ABPj:

a. Planejamento

Nesta etapa inicial, os alunos foram divididos em quatro equipes de aproximadamente seis a oito integrantes. Após a constituição da equipe, elaborou-

se um organograma de responsabilidades e funções, além de um cronograma de atividades para cada etapa do projeto de GQVT. Vale ressaltar que as reuniões e as análises dos grupos foram agendadas nos horários de aulas já preestabelecidas.

b. Execução

Nesta etapa, os alunos escolheram a empresa e estabeleceram parceria para a elaboração do projeto de GQVT. Após a formalização da parceria, a equipe fez uma investigação (*on-line*) da empresa, levantando: histórico, missão, visão e valores, relatórios anuais, certificações, premiações, vídeos institucionais; no intuito de conhecer a cultura organizacional da empresa. Em seguida, foi feita uma entrevista com os(as) gestores(as) de Recursos Humanos para a realização de um diagnóstico de gestão de pessoas e do clima organizacional da empresa. Para complementar o levantamento de dados, uma pesquisa de satisfação foi aplicada aos colaboradores, a fim de levantar os níveis de satisfação. Os dados foram transcritos e mensurados por meio de gráficos.

c. Análise e depuração

Com os dados levantados e mensurados, as equipes reuniram-se para as discussões e o levantamento dos três menores índices de satisfação dos colaboradores, considerando a abordagem de gestão do RH. Em seguida, foi proposto, para as equipes, a elaboração de ações de Qualidade de Vida no Trabalho, para a melhoria da satisfação dos colaboradores no ambiente laboral. Na

sequência, um Projeto de Gestão de Qualidade de Vida no Trabalho foi produzido para sua possível implantação na empresa, objetivando o aumento do desempenho e a melhoria da produtividade, com proposições de modelos inovadores de gestão de pessoas. Todas as ações obedeceram a seguinte estrutura: tema (*slogan*); procedimento de execução; estratégia de endomarketing; cronograma; benefício para a empresa; e benefício para o colaborador.

d. Apresentação

Na quarta etapa, em formato de seminários, os alunos apresentaram os resultados de seus projetos à turma. Após cada apresentação, abria-se para uma discussão, com todos contribuindo para a melhoria dos projetos. Posteriormente ao debate, cada projeto foi reestruturado pela equipe responsável.

e. Avaliação

Na quinta e última etapa, conforme critérios preestabelecidos, os projetos foram avaliados pelo professor e também pelas equipes, que fizeram uma autoavaliação. Após os trabalhos finalizados e avaliados, os grupos realizaram o agendamento de reuniões com os gestores das empresas para a apresentação dos resultados dos projetos de GQVT. Os resultados dos trabalhos foram convertidos, pelos alunos, com a coautoria do docente responsável pela disciplina, em artigos científicos, que foram publicados em eventos da Engenharia de Produção, tanto regionais, como

o Encontro de Engenharia de Produção da UTFPR (ENENPRO), quanto nacional (Simpósio de Engenharia de Produção – SIMEP).

Tais atividades contabilizaram a carga horária de 60 horas-aula, possibilitando, ao aluno, além do aprendizado teórico sobre Gestão da Qualidade de Vida no Trabalho, a aplicação na prática.

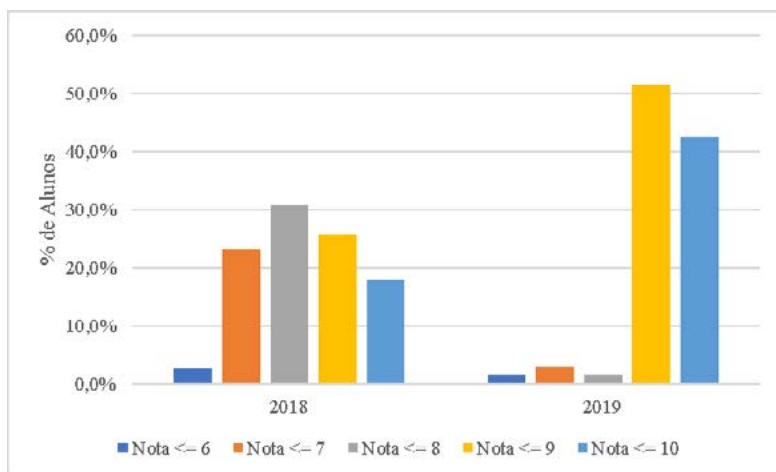
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto à percepção do desempenho acadêmico, considerando a ementa, o conteúdo programático e, principalmente, o desenvolvimento das habilidades e competências do Engenheiro de Produção quanto à gestão de pessoas e à qualidade de vida, notou-se que houve uma melhoria no rendimento do aprendizado, conforme ilustrado no Gráfico 1. É importante salientar que a aferição desse rendimento considera as notas finais dos alunos, sendo que, em 2018, as avaliações foram tradicionais, realizadas individualmente, e em 2019, foram avaliados os projetos desenvolvidos, tanto na percepção do professor como na percepção da empresa.

Pode-se observar que o ano de 2019 possui uma maior concentração de notas ao redor de 9 e 10. Percebe-se, porém, ao comparar esses resultados com os de 2018, que as notas deste ano são mais pulverizadas ao redor do 7, 8 e 9, o que pode demonstrar que a metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos apresenta um melhor resultado no aprendizado do aluno,

uma vez que, em 2018, a disciplina foi ministrada por uma metodologia tradicional/expositiva. Ao comparar o desempenho acadêmico do ano de 2018 com o de 2019, observou-se um aumento de 45% no número de alunos com rendimento entre 9 e 10. Vale mencionar que a avaliação foi realizada a partir da elaboração do projeto de Gestão da Qualidade de Vida no Trabalho, uma atividade eminentemente prática e com grau de complexidade maior e mais completo do que uma avaliação tradicional, conforme ocorreu no ano de 2018.

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos por ano na disciplina Gestão da Qualidade de Vida no Trabalho

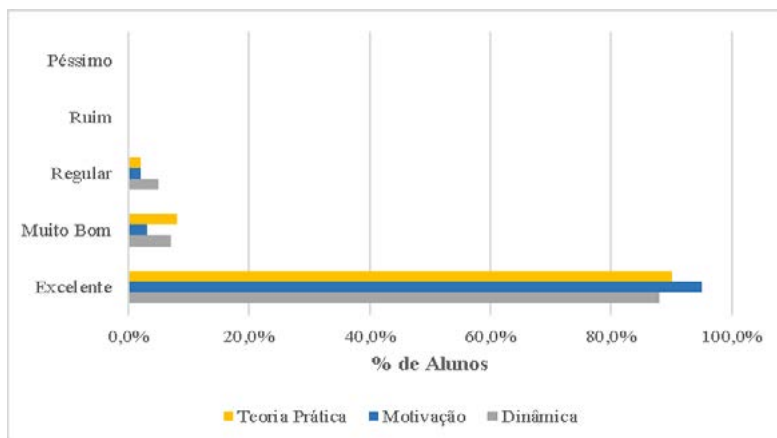


Fonte: dados dos autores

Ao final da disciplina, um questionário fechado foi aplicado aos alunos, pela plataforma *Google Forms*, em relação à metodologia utilizada pelo docente,

considerando três aspectos didáticos: a) dinâmica; b) motivação; c) relação entre a teoria e prática. Todos os critérios estão diretamente relacionados com a elaboração do plano de ensino da disciplina e sua efetivação, a partir da metodologia ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos. A observação do Gráfico 2 permite verificar que a grande maioria dos alunos pontua a metodologia como excelente (sob os três aspectos), na média, o que demonstra o interesse em aplicar os conhecimentos na prática e a boa recepção ao método adotado.

Gráfico 2 – Percepção dos alunos quanto à metodologia ABP aplicada em 2019



Fonte: dados dos autores

O nível de satisfação foi em média 91%, mensurado no ano de 2019, que considera os três aspectos didáticos citados. Esse desempenho corrobora os parâmetros das metodologias ativas de aprendizagem, pois o aluno

torna-se corresponsável pela aquisição do conhecimento, de forma ativa e participativa. O professor tem a possibilidade de mediar todo andamento do processo de aprendizagem, e avaliá-lo de forma segura. É comum que professores relatem a rejeição dos alunos quanto a novos métodos; nesta pesquisa, constatou-se o inverso. Novas práticas suscitam novos atores, mais comprometidos.

A fim de respaldar a recepção positiva dos alunos quanto ao novo método, observou-se o resultado institucional da avaliação do docente pelo discente. Essa avaliação é realizada anualmente pelo Comitê Permanente de Avaliação (CPA) da UTFPR, a partir da qual foi possível comparar a satisfação dos alunos em relação à metodologia utilizada no ano de 2018 – aula tradicional – e a utilizada em 2019 – ABPj. Os três indicadores (aspectos ou temas) de avaliação considerados são a avaliação, o conteúdo e a didática, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Recorte da pesquisa realizada pelo CPA com os discentes

Categoria/ Nota do Ano	2018	2019
Avaliação – refere-se ao estabelecimento da forma de avaliação, da quantidade e dos critérios de avaliação	70	98
Conteúdo – diz respeito ao conhecimento demonstrado pelo professor sobre os conteúdos programáticos da disciplina bem como sua relação entre teoria-prática	85	93
Didática – relaciona-se ao comportamento do professor em sala de aula enquanto agente promotor do ensino-aprendizagem	87	90

Fonte: dados dos autores

O principal resultado dessa análise está no indicador “avaliação da disciplina”, no qual é possível observar um incremento considerável, passando a nota de 70, em 2018, para 98, em 2019. Isso demonstra que os alunos compreenderam o processo avaliativo, tendo em vista que na nova metodologia o conhecimento é construído por meio de projetos, não utilizando “provas” como instrumento avaliativo.

O indicador “conteúdo” também foi bem avaliado, demonstrando que o conhecimento é melhor absorvido na prática. Por fim, o indicador “didática” sinalizou pouca melhoria, porém se manteve bem avaliado. Percebe-se que o professor possui boa percepção didática e que aplicou a metodologia ativa ABPj sem dificuldades, tendo boa receptividade dos alunos.

A utilização da ABPj como método de ensino e aprendizagem proporcionou ao aluno maior capacidade para resolver questões práticas e de aplicação, tendo em vista a execução de um projeto em ambiente real. Assim, o aluno pôde assimilar melhor os conceitos da disciplina, considerando que, além de aprenderem a teoria, vivenciaram sua aplicação prática por meio do projeto, demonstrando a relação teórico-prática dos conteúdos. Por fim, pode-se afirmar que este método é eficaz na transmissão do conhecimento e na percepção do aluno sobre situações práticas da vida real.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, os resultados obtidos tanto na percepção didática dos alunos quanto na aquisição de conhecimento por eles demonstrada constataam a excelência da metodologia. O estudo da teoria em momentos prévios à elaboração dos projetos proporcionou aos discentes o embasamento necessário para sua aplicabilidade prática. Mesmo quando os alunos, em alguns momentos, demonstravam insegurança, o professor atuava como mediador do processo, restabelecendo a confiança e a motivação no desenvolvimento das atividades.

Conclui-se que a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos possibilitou aos alunos uma proximidade de contextos reais de aprendizagem. O aluno tornou-se agente ativo no processo, enquanto o professor, mediador.

Quebrando paradigmas, o aluno se sente muito confortável com novos métodos. É possível obter um nível alto de comprometimento destes em relação às atividades de sala aula, inclusive extraclasse. Em todas as análises de quesitos didáticos, a média esteve acima de 90% de satisfação. Quanto ao conhecimento específico, 93% dos alunos com médias acima de 8,0 demonstraram que aplicaram eficientemente a teoria na elaboração dos projetos, assim como estabeleceram correlação com a prática profissional, comprovando a eficácia desse método de ensino.

Como sugestão para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver estas etapas da metodologia ativa ABPj na Plataforma Moodle ou em outro ambiente virtual de aprendizagem, disponibilizando material de apoio, tais como videoaulas, cases, artigos científicos. O objetivo será conciliar as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) às etapas da ABPj para maior apoio e interatividade na construção dos projetos, configurando o aluno como protagonista no processo de ensino-aprendizagem, assim como auxiliando os professores na utilização das plataformas de ensino *on-line*.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, M. G. L. *et al.* Aprendizagem Baseada em Projeto: metodologias ativas e tecnologias digitais na Educação Matemática do ensino básico. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (V CONEDU), 5., 2018, Olinda. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/46374>. Acesso em: 28 dez. 2020.

AHLERT, E. M.; WILDNER, M. C. S.; PADILHA, T. A. F. Metodologias ativas de ensino e aprendizagem. *In*: SEMINÁRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL, 2., 2017, Lajeado. **Anais** [...]. Lajeado: Ed. da Univates, 2017. p. 9-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v12i2a2020.2380> Disponível em: <http://www.>

univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/2380. Acesso em: dez. 2020

BENTO, E. J. **Aprendizagem por projetos para o desenvolvimento de competências**: uma proposta para a educação profissional. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/681>. Acesso em: dez. 2020.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0383.2011v32n1p25>. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/10326>. Acesso em: dez. 2020.

CHIAVENATO, I. **Gestão de Pessoas**: e o novo papel dos recursos humanos nas organizações. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CONTE, A. L. Qualidade de vida no trabalho. **Revista FAE Business**, n. 7, 2003. Disponível em: <https://img.fae.edu/galeria/getImage/1/16571247435940246.pdf>. Acesso em: dez. 2020.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma

abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.268-288.404>. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404>. Acesso em: dez. 2020.

FRANÇA-LIMONGI A. C. **Qualidade de vida no trabalho** – conceitos e práticas nas empresas da sociedade Pós-industrial. São Paulo: Atlas, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LEMONS, E. S. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2011. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/16653>. Acesso em: jun. 2020.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia Científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: Ed. UFG, 2011.

PASQUALETTO, T. I. **O Ensino de Física via Aprendizagem Baseada em Projetos**: um estudo à luz da teoria antropológica do didático. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/188390/001085377.pdf>. Acesso em: dez. 2020.

PAULA, S. L. *et al.* Metodologias ativas: uma ação colaborativa para a formação de multiplicadores. **Convergência em Ciências da Informação**, v. 1, n. 2, p. 160-167, 2018. DOI: <https://doi.org/10.33467/conci.v1i2.10268>. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/conci/article/view/10268>. Acesso em: dez. 2020.

PINHEIRO, M. M.; SARRICO, C. S; SANTIAGO, R. A. Como os acadêmicos se adaptam a um ensino baseado em PBL numa licenciatura tradicional em contabilidade. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 5, n. 13, p. 109-131, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/rco.v5i13.34807>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34807>. Acesso em: jan. 2021.

SANTIN, G. C.; AHLERT, E. M. **Aplicação da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos em curso de Educação Profissional**. 2018. Artigo (Especialização de Docência na Educação Profissional) – Univates, Lajeado (Brasil), 2018. Disponível em: <https://univates.br/bdu/handle/10737/2208>. Acesso em: fev. 2021.

SANTOS, P. C.; ALMEIDA, M. E. T. M. P. Formação discente e as metodologias ativas: o caso de uma Instituição de Ensino Superior. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS (CIET), 2018, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCAR, 2018. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/>

submissao/index.php/2018/article/view/39. Acesso em: jan. 2021.

SILVA, C. M. **Análise da efetividade da Aprendizagem Baseada em Projetos no desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes no ensino superior de Contabilidade**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Centro de Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/25718>. Acesso em: jan. 2021.

SONDERMANN, D. V. C.; BALDO, Y. P. Aprendizagem Baseada em Projetos: potencializando a formação docente em acessibilidade e tecnologia. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, v. 12, p. 392-396, 2016. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen12/TISE2016/392-396.pdf>. Acesso em: jan. 2021.

ZANON, D. P. *et al.* Sala de aula invertida: possibilidade e limites na docência universitária. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE), 12., 2015, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: PUCPR, 2015. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18775_8284.pdf. Acesso em: mai. 2021.

Capítulo 3

DO ENSINO À COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA: Estudo de Caso da Aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas entre Alunos Ingressantes de Engenharia

Ana Cristina Gobbo César

Adilson de Souza Cândido

Edilson Rosa Barbosa de Jesus

Enzo Gaudino Mendes

Marcos Alexandre Fernandes

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, tem-se percebido a necessidade de formar profissionais criativos, dotados de conhecimentos multidisciplinares e de uma grande capacidade de abstração das informações recebidas, cotidianamente, no ambiente de formação profissional ou em outros ambientes (ZILLI; LAMBERT, 2010). Além disso, há a necessidade de (KUNZER¹, 2003 *apud* SILVA; TERRA, 2013, p. 10):

efetivar a substituição da memorização e repetição pelo domínio das habilidades comunicativas, pelo raciocínio lógico, pela capacidade de discernir, de trabalhar com a informação, de construir soluções originais e de educar-se continuamente.

Adicionalmente, há uma exigência cada vez maior de se basear a competitividade da produção industrial “na valorização e na qualificação da força de trabalho, ao invés do uso intensivo de mão de obra barata e pouco qualificada” (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2011, p. 2). No entanto, estudos realizados no ano de 2010 pela Fundação Dom Cabral, com 130 empresas de grande porte no Brasil – a soma do faturamento dessas empresas atinge US\$ 350 bilhões, superando a marca

1 KUENZER, A. Z. (org.). Ensino médio: construindo uma proposta para os que vivem do trabalho. São Paulo: Cortez, 2009.

de 22% do Produto Interno Bruto brasileiro –, apontam que as profissões mais citadas como carentes de mão de obra são os trabalhadores técnicos, seguidos por engenheiros, com o percentual de 45,4% e 33,9% das respostas, respectivamente (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2011).

A fim de atender a esse desafio no ensino, o aperfeiçoamento de novas práticas educacionais é necessário, visto que os modelos didáticos convencionais podem ser considerados pouco adequados à realidade dos cursos com natureza interdisciplinar, ofertados, principalmente, pelas escolas técnicas. De forma geral, os professores têm buscado alternativas para o ensino em um ambiente inovador e várias dificuldades têm sido encontradas, como a baixa motivação, a reprovação e, principalmente, a evasão.

Com o objetivo de evidenciar essa nova realidade, podem ser citadas as características únicas dos cursos ofertados na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPC), os quais apresentam, como componente básico, uma estrutura *multicampi* de cursos multidisciplinares com pluralidade de perfis profissionais, objetivos e níveis de formação – desde a educação infantil até a pós-graduação. Porém, essas importantes ações da RFEPC têm enfrentado diversas dificuldades como, por exemplo, o elevado índice de retenção e, principalmente, a alta taxa de evasão. Adicionalmente, muitas vezes os currículos acadêmicos são formatados de uma maneira linear e sequencial, de modo que as disciplinas, além de serem isoladas entre si,

apresentam componentes curriculares da ciência básica precedendo as aplicações, o que dificulta o aprendizado.

Nesse cenário, cabe aos alunos a busca dessa integração e de sua consolidação por intermédio de projetos e/ou trabalhos ao final dos cursos, quando existem (RIBEIRO, 2005). Uma dessas abordagens passíveis de serem utilizadas para a construção de um ambiente dinâmico e lúdico de aprendizagem baseia-se na utilização da teoria de Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning* – PBL).

A PBL tem como premissa básica o uso de problemas da vida real para estimular o desenvolvimento conceitual, procedimental e atitudinal do discente (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014). Trata-se de um processo educativo guiado pela satisfação em aprender o conteúdo de forma ativa, desenvolvendo as funções morais e intelectuais do indivíduo, descaracterizando o processo educativo exclusivamente baseado na memorização (SALVADOR *et al.*, 1999).

O método permite aos alunos resolver problemas relacionados às suas futuras profissões, desenvolver a capacidade de descobrir e usar informações, construir suas próprias habilidades para resolver problemas e aprender o conteúdo necessário. Os docentes são estimulados a pesquisar e buscar a interdisciplinaridade, fazendo conexão daquilo que estão ensinando com uma gama de informações necessárias aos futuros profissionais. Por fim, em função da alta competitividade, concorrência e de um cenário globalizado e repleto de rápidas mudanças no mundo do trabalho, a sociedade

poderá receber um profissional apto a buscar soluções condizentes com a realidade e suas necessidades (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

A PBL surgiu dentro das escolas de Medicina, na década de 1960, com o intuito de mudar a forma como o curso estava sendo ensinado, permitindo aos estudantes desenvolverem habilidades para resolver problemas ao agrupar, avaliar, interpretar e aplicar uma grande quantidade de informações que ajudam no tratamento dos pacientes (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

No Brasil, a PBL foi inicialmente implantada na Escola de Saúde Pública do Ceará, em 1993 (CARLINI, 2006), e, posteriormente, empregada em diversas universidades brasileiras, não apenas na área da saúde, mas também em outras áreas como Engenharia, Enfermagem, Pedagogia e também na Administração (PERRENET, BOUHUIJS, SMITS, 2000; RIBEIRO, 2005), embora esta não seja definida como um método único educacional (PETERS, 2015). Pelo contrário, esse método pedagógico tem sido descrito como uma filosofia educacional que abrange um amplo número de práticas. Há indícios de que, atualmente, existam mais de 30 diferentes estratégias de Aprendizagem Baseada em Problemas (WOODS, 2013).

Basicamente, pode-se identificar, nessa classe de modelos PBL, três grandes temas (DE GRAAFF; KOLMOS, 2003): aprendizagem, conteúdo e social. O primeiro tema – a aprendizagem – é centrado na resolução de um problema em um tempo predeterminado. Esse problema é a condição inicial que induz o aprendizado e deve

ser selecionado com base nos conhecimentos prévios e habilidades dos alunos. Em relação ao conteúdo, esse é tipicamente centrado em um conhecimento interdisciplinar que correlaciona a teoria com a prática. No âmbito social, a resolução do problema é realizada em equipes, em um ambiente ativo de compartilhamento de ideias e opiniões.

Dessa forma, a estratégia PBL permite abordar conceitos e habilidades carentes no processo educativo convencional e necessários ao desenvolvimento do setor socioprodutivo. Entre essas características passíveis de serem alcançadas com a abordagem PBL, se destacam (RIBEIRO, 2005): i) adaptabilidade a mudanças; ii) habilidade de solucionar problemas em situações não rotineiras; iii) pensamento crítico e criativo; iv) adoção de uma abordagem sistêmica ou holística; v) trabalho em equipe; vi) capacidade de identificação de pontos fortes e fracos; vii) compromisso com o aprendizado e o aperfeiçoamento contínuos.

Vários estudos destacam a importância da PBL para a aprendizagem dos alunos nos cursos de Engenharia, em termos de engajamento, motivação, desenvolvimento de competências relacionadas à prática profissional, entre outras questões (BARBALHO *et al.*, 2017; FERNÁNDEZ-SAMACÁ, RAMÍREZ, OROZCO-GUTIÉRREZ, 2012; GIORDANI, MORAES, BARRETO, 2017; LIMA *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2017; TORTORELLA, CAUCHICK-MIGUEL, 2017; ZANCUL, SOUSA-ZOMER, CAUCHICK-MIGUEL, 2017).

Além disso, a abordagem PBL é baseada em uma variedade de noções teóricas como (DE GRAAFF; KOLMOS, 2003): o construtivismo e a aprendizagem social (LAVE, WENGER, 1991; PIAGET, 2013; VYGOTSKY, 1978); o aprendizado experiencial (KOLB, 2015); e o profissional reflexivo (SCHÖN, 1984).

Conforme relatado por Cesar *et al.* (2019), os Institutos Federais, criados pela Lei nº 11.892, de 22 de dezembro de 2008 (BRASIL, 2008), são instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e *multicampi*, especializadas na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos com as suas práticas pedagógicas. Entre seus objetivos propostos, destaca-se, no artigo 7º dessa Lei, o desenvolvimento de atividades educativas engajadas com o mundo do trabalho e segmentos sociais, possibilitando a produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos que colaborem com soluções técnicas e tecnológicas, beneficiando à comunidade.

Quando a PBL é aplicada em contextos reais, como uma empresa, os alunos têm a oportunidade de desenvolver competências técnicas, mas sua experiência de aprendizado vai mais longe, porque começam a sentir como é ser um engenheiro, resolvendo problemas diferentes, comunicando-se com a empresa, obtendo informações, observando e analisando o sistema, tentando implementar mudanças, entre outros. Dessa

forma, os alunos têm a oportunidade de prática profissional (LIMA *et al.*, 2017).

Ademais, a aplicação da técnica PBL entre os alunos ingressantes do curso permite desenvolver abordagens reais e iniciais da profissão, caracterizando uma oportunidade de vivenciar uma “Introdução à Engenharia” e, com isso, motivar o discente a se empenhar nos demais componentes curriculares correlatos ao projeto desenvolvido, além de permitir que essa vivência confirme seu interesse pelo curso. Dessa forma, a aplicação da PBL nos anos iniciais pode ser um importante fator para a permanência e êxito estudantil. De acordo com Soares *et al.* (2014), a maioria dos exemplos de experiência prática se apresenta apenas nos anos finais da educação de um aluno, bem como nos primeiros momentos após a graduação. Contudo, a aquisição de conhecimento técnico e a possibilidade da sua aplicação no contexto de atividades profissionais é fundamental para o desenvolvimento das habilidades essenciais de um estudante de Engenharia.

Este capítulo tem como principal objetivo o relato de uma experiência com a aplicação do método PBL na resolução de problemas reais de uma empresa local fabricante de componentes automotivos, no semestre inicial do curso de Engenharia de Controle e Automação, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – *Campus Bragança Paulista*.

O principal intuito dessa iniciativa, no que se refere aos eventuais ganhos para a empresa, é a possibilidade de receber soluções inovadoras, pensadas “fora da

caixa”, ou seja, livres dos vícios e visões da empresa, além de permitir identificar novos talentos e prospectar estas soluções posteriormente, em um prazo maior. Em relação à instituição de ensino, essa iniciativa propicia sua atualização às reais necessidades do mundo do trabalho, com a celebração de acordos de pesquisa e desenvolvimento que contribuem para o aprendizado e a formação dos futuros engenheiros, permitindo-lhes atuar na resolução de problemas reais. Por fim, no que diz respeito aos discentes, estes têm a possibilidade de, no primeiro semestre do curso, estarem expostos e serem avaliados em um ambiente empresarial, com o qual muitos deles estabelecem o primeiro contato, o que lhes permite desenvolver habilidades e competências cruciais ao mundo do trabalho.

Para atender a esses objetivos, a seção 2 deste capítulo apresenta a metodologia adotada neste trabalho, compreendida pelas etapas de prospecção da empresa parceira, diagnóstico da situação-problema a ser investigada, definição do plano de ação, conclusão do projeto e avaliação dos resultados. Na sequência, a seção 3 transcorre sobre os principais resultados desta iniciativa e a análise dos dados coletados. Por fim, o capítulo finaliza com as considerações finais do trabalho realizado, além do formulário utilizado para a avaliação dessa atividade.

2 METODOLOGIA

O estudo descrito neste capítulo consistiu em uma pesquisa de caráter quali-quantitativo, surgida pela iniciativa de implementar uma nova abordagem para o desenvolvimento de uma componente curricular introdutória, ofertada aos ingressantes do curso noturno de Engenharia de Controle e Automação, conforme representação presente na Figura 1. É, portanto, um relato das observações e percepções desses alunos, como forma de avaliação das atividades realizadas dentro desse componente curricular.

Figura 1 – Principais etapas deste estudo para o desenvolvimento da abordagem PBL, com cooperação do setor produtivo

Prospecção	Identificação da empresa parceira Celebração do acordo de cooperação técnico-científica
Diagnóstico	Seleção da situação-problema Visita técnica
Plano de ação	Divisão e constituição das equipes de trabalho Definição do escopo do projeto Planejamento e execução Reuniões de acompanhamento na empresa parceira
Encerramento e avaliações dos resultados	Apresentação das soluções finais Avaliação da viabilidade técnico-econômica Avaliações do projeto e metodologias de execução Avaliação dos resultados e propostas de melhorias futuras

Fonte: elaboração própria

Dessa forma, conforme a Figura 1, a etapa inicial para a execução desta proposta partiu da prospecção e identificação de potenciais empresas parceiras da instituição, preferencialmente pertencentes ao Arranjo Produtivo Local (APL). Para tal iniciativa, a coordenação do curso valeu-se de contatos e acordos de cooperação com empresas viabilizados pelo programa de extensão “Conexão Indústria” (JESUS *et al.*, 2018), iniciativa criada em meados de 2016 por um grupo de professores do *campus* que trabalha no sentido de aproximar os ambientes acadêmico e profissional.

Uma empresa que atua na fabricação de componentes para o mercado automotivo foi convidada a participar da atividade, em decorrência do acordo de cooperação técnico-científica já estabelecido com o programa “Conexão Indústria”, sem a previsão de proteção da propriedade intelectual dos resultados decorrentes dessa parceria. Isso facilitou a logística para a realização dessa atividade pioneira no âmbito do *campus*, quicã do IFSP como um todo.

Após a seleção da empresa, transcorreu a segunda etapa, correspondente ao diagnóstico das situações-problema demandadas pela empresa. Para isso, uma série de reuniões foram realizadas entre a equipe gestora do projeto, constituída pela coordenação do curso, pela coordenação do projeto “Conexão Indústria” e pelos supervisores técnicos da empresa e seu sócio-proprietário. O foco dessas reuniões foi alinhar as demandas reais da empresa com o perfil do egresso do curso e definir os termos de confidencialidade dos

projetos, obtendo, como resultado, dois problemas internos da empresa alinhados ao dia a dia do profissional da área de Engenharia: i) sequenciamento do processo de tratamento térmico; ii) identificação de semieixos automotivos.

O problema “sequenciamento do processo de tratamento térmico” tinha como proposta a apresentação de um método de ordenamento das peças a serem utilizadas pela indústria automotiva que são submetidas a um tratamento térmico. Esses tratamentos térmicos são processos metalúrgicos que objetivam melhorar as propriedades metal-mecânicas de peças, elevar sua resistência, sua vida útil e sua durabilidade quando em uso.

Esse sequenciamento das peças se torna complexo, tendo em vista a série de etapas para a realização desse tratamento térmico, entre elas a temperatura do forno, a velocidade do aquecimento e do resfriamento e o tipo do material a ser tratado. Ademais, esse sequenciamento deve prever uma série de restrições, como: média de venda trimestral; lote mínimo de produção; tempo de peças a serem tratadas termicamente por hora; horas e turnos disponíveis; especificações técnicas do material a ser tratado termicamente e propriedades mecânicas almejadas; necessidade de faturamento da empresa; capacidade do forno de aquecimento; tempo para preparação dos fornos. Dessa forma, cinco grupos de discentes deveriam propor estratégias para que o colaborador da empresa responsável por essa etapa de tratamento térmico soubesse qual a sequência ótima

de produtos que deveriam ser tratados termicamente, naquele determinado turno de produção, e que proporcionasse a melhor eficiência e eficácia no que se refere ao tempo de ociosidade dos equipamentos, redução de custos e elevação da produtividade com ganhos significativos no faturamento.

Em relação ao segundo problema proposto para os demais cinco grupos de alunos, “identificação de semieixos automotivos”, vale ressaltar que esses semieixos fazem parte, mais especificamente, do conjunto do eixo diferencial automotivo responsável por transmitir a potência do motor para as rodas de tração. No entanto, por apresentar peso e volume elevados, além de possuir superfícies polidas e cortantes, faz-se necessário propor soluções eficientes para a identificação desses produtos, de modo a possibilitar o controle da sua rastreabilidade tanto no interior da empresa quanto no cliente final. Além dessa rastreabilidade, o método proposto de identificação deve ter um baixo custo, elevada durabilidade, fácil instalação e não comprometer as propriedades mecânicas do semieixo.

A partir da seleção desses problemas, a fim de apresentar estes e a empresa parceira *in loco*, todos os discentes matriculados na componente curricular introdutória foram convidados a participar de uma visita técnica. Na sequência, iniciou-se a execução do plano de ação, que consistiu, inicialmente, na organização das equipes de trabalhos. Para tal, da previsão inicial de 40 alunos matriculados no curso, foram estipulados 10 grupos com até quatro discentes para atuarem em cada

um desses problemas propostos. Assim, foram formados cinco grupos para atuarem na pesquisa da solução do problema de sequenciamento do processo de tratamento térmico e os demais cinco grupos para atuarem no problema de identificação de semieixos automotivos.

Posteriormente, ao longo do semestre letivo, foram aplicadas técnicas de gestão de projetos, mais especificamente a seleção de “boas práticas” presente no guia para o conjunto de conhecimentos de gerenciamento de projetos, do inglês *Project Management Body Of Knowledge* – PMBOK (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017), para a realização das etapas de definição do escopo, planejamento e execução do projeto. Nesse período, além do desenvolvimento e do monitoramento das ações de cada grupo em sala de aula, a partir de encontros presenciais de duas aulas semanais, também foram realizadas reuniões de acompanhamento na empresa parceira, para dirimir dúvidas e alinhar as propostas de cada grupo às suas expectativas.

Ao final das atividades letivas, cada grupo de alunos apresentou a respectiva solução para os problemas impostos pela empresa parceira. Nessa ocasião, estavam presentes os representantes da empresa (supervisores técnicos e sócio-proprietário), o docente da componente curricular introdutória, representantes da gestão da instituição de ensino proponente e docentes de diferentes áreas de atuação. Além desses, todos os discentes do curso, matriculados ou não nesta disciplina, foram convidados a participar.

Adicionalmente, na apresentação geral de encerramento do projeto, o docente dessa componente curricular avaliou os discentes em relação à metodologia de gestão e à execução dos projetos, bem como aplicou um questionário qualitativo para obter um *feedback* sobre essa metodologia PBL, tanto do ponto de vista dos alunos envolvidos quanto da empresa vinculada a essa iniciativa. É importante ressaltar que a empresa parceira também avaliou a viabilidade técnico-financeira de cada solução, de modo a identificar possíveis oportunidades internas de desenvolvimento. Além disso, para que fosse possível obter um diagnóstico mais amplo, uma banca de docentes de diferentes áreas também foi convidada a participar dessas avaliações e contribuir com a proposição de correções e sugestões de melhorias.

Com relação aos aspectos éticos envolvidos nessas observações, todos os alunos foram informados no início dessa atividade que seriam observados e avaliados pelos professores e pelos profissionais da empresa colaboradora e que tais observações seriam usadas para desenvolver novas abordagens de ensino. Todos eles consentiram em ser voluntários.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de trabalhar com a abordagem PBL integrada a uma componente curricular do curso e com a colaboração direta das empresas pertencentes ao arranjo produtivo local foi adaptada à realidade do

Campus Bragança Paulista pelo coordenador do curso de Engenharia de Controle e Automação, prof. Adilson Cândido, a partir da oportunidade de ter estado em contato direto com essa metodologia durante capacitação no ano de 2016, na Finlândia, referência na aplicação da PBL e em diversos indicadores mundiais de qualidade educacional.

A metodologia PBL foi implementada na disciplina de Projeto de Controle e Automação do primeiro semestre do curso noturno de Engenharia de Controle e Automação do IFSP – *Campus Bragança Paulista*, cujo currículo tem doze semestres letivos.

A fim de que todos os discentes matriculados na disciplina pudessem conhecer o processo produtivo da empresa e para viabilizar a abertura oficial do projeto com uma apresentação *in loco* das situações-problema, foi promovida uma visita técnica à empresa parceira, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Visita técnica à empresa parceira e reunião geral de abertura do projeto



Fonte: arquivo pessoal dos autores

No entanto, por ser um curso noturno e as atividades administrativas da empresa não ocorrerem nesse período, a visita técnica foi realizada no período vespertino, o que comprometeu a participação de cerca de 30% dos discentes matriculados nessa turma, pois estes apresentavam outros compromissos no mesmo horário e que não puderam reagendá-los.

Ao longo do semestre letivo, outros encontros presenciais na empresa parceira foram realizados para alinhamento das ações e supressão de dúvidas. No entanto, para evitar que tais reuniões de acompanhamento pudessem atrapalhar a dinâmica do dia a dia da empresa parceira, apenas os líderes de cada grupo de alunos participavam dessas atividades e

retransmitiam eventuais questionamentos aos demais integrantes do grupo, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Reuniões de acompanhamento na empresa parceira entre os líderes de cada grupo de discentes e os representantes da empresa



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Ao final de aproximadamente quatro meses de execução dos projetos, iniciaram-se as etapas de encerramento e avaliações dos resultados. Para tal, após uma explanação dos objetivos da atividade, exposta na Figura 4, cada grupo apresentou individualmente as respectivas soluções obtidas para a resolução dos problemas propostos pela empresa. Os supervisores, engenheiros da empresa, em conjunto com o sócio-proprietário e administrador da empresa, avaliaram

o desenvolvimento e os recursos utilizados nessas apresentações finais, bem como a aplicabilidade dessas propostas do ponto de vista técnico-econômico, elencando as melhores soluções para cada problema proposto.

Figura 4 – Apresentação final das soluções de cada grupo de trabalho para os representantes da empresa parceira



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Durante a avaliação dos resultados obtidos com esse projeto, 26 alunos matriculados na disciplina responderam ao questionário semiestruturado com questões padronizadas, fechadas e abertas, elaborado pelos próprios autores e apresentado no Apêndice deste capítulo. O universo de estudantes que participaram dessa metodologia, que inicialmente era compreendido por 40 discentes, foi de 46 alunos, devido às matrículas efetuadas após o início das aulas. Ademais, ao invés da previsão de 10 grupos de até quatro integrantes, igualmente

distribuídos entre as duas propostas de situações-problema da empresa, cinco grupos foram constituídos para a proposta do problema de sequenciamento do processo de tratamento térmico e sete para o problema de identificação de semieixos automotivos.

Os discentes que participaram do questionário final de avaliação dessa atividade consentiram com o uso dos dados nas avaliações do presente estudo. Os aspectos abordados foram explorados sempre por meio da identificação da percepção do aluno sobre a atividade realizada como recurso auxiliar na análise da experiência vivida.

A média de idade dos alunos foi igual a $23,3 \pm 7,3$ anos, variando entre 18 e 42 anos. Aproximadamente 38,5% dos alunos não estavam trabalhando no momento da realização da atividade e um percentual de 46,2% estavam trabalhando em outra área distinta do curso de Engenharia que estavam cursando no momento.

Quanto à formação profissional antes ao início do curso de Engenharia, 34,6% dos alunos não relataram formação anterior e 46,2% assinalaram formação em cursos técnicos nas áreas de Automação, Eletroeletrônica ou Informática.

Considerando o fato de o aluno ter alguma experiência profissional na área de Automação, Elétrica, Eletrônica, Informática ou Mecânica, observou-se que 53,8% não tinham tido experiência nas áreas questionadas e 26,9% apresentavam mais de um ano de experiência. Uma das motivações para a aplicação da abordagem PBL em cursos de Mecânica, Mecatrônica e Engenharia

industrial é a necessidade de proporcionar aos alunos a capacidade de lidar com problemas industriais da vida real (GIBSON, 2001; SOARES *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2012).

Quanto à opinião do aluno sobre a importância desse tipo de atividade para a sua formação profissional, constatou-se que 96,2% consideraram-na importante ou muito importante. As atividades usando o método PBL podem ajudar os alunos a melhorar as taxas de retenção de conteúdo e a desenvolver habilidades relacionadas às competências transversais (CANO *et al.*, 2006), ao trabalho em equipe, à comunicação e às habilidades técnicas (SOARES *et al.*, 2013).

Quando inquirido sobre como classificaria a experiência de, já no início do curso, ter uma atividade integradora com uma empresa de sua área, 80,8% dos alunos consideraram-na boa, muito boa ou excelente. Os participantes consideraram a experiência vivenciada como enriquecedora, inovadora, estimulante para a criatividade, permitindo vivenciar a futura área de atuação e estimulando a busca por conhecimento de forma autônoma. Segundo Ríos *et al.* (2010), as habilidades adquiridas pelos alunos por meio do uso da abordagem PBL devem estar relacionadas à aquisição de conhecimento, podendo ser aplicado em um ambiente profissional, na melhoria das habilidades existentes e na solução de problemas como um todo.

Os alunos também foram questionados sobre a sua expectativa inicial em relação ao desafio proposto na disciplina e aos resultados atingidos. Nesse caso, 61,5%

relataram ter obtido resultados dentro do esperado, 15,4% indicaram que os resultados superaram a expectativa e para 23,1%, tais resultados ficaram aquém do esperado. A metodologia PBL pode representar uma alternativa à prática de ensino, especialmente para as disciplinas teóricas, em que a experiência dos professores indica que os alunos estão desmotivados com o modo tradicional de aula (GIORDANI; MORAES; BARRETO, 2017).

Quanto aos fatores positivos relatados pelos alunos no questionário, observou-se, principalmente, os aspectos de inovação, cooperação, soluções, conhecimento, desafio e experiência, conforme ilustrado pela nuvem de palavras da Figura 5.

Figura 5 – Fatores positivos relatados pelos alunos, em referência à experiência vivenciada



Fonte: elaborada pelos autores

De acordo com as estruturas educacionais ajustadas na Europa (GONZÁLEZ; WAGENAAR, 2008), existem três categorias de competências a serem observadas em bons profissionais, como as competências instrumentais (relacionadas a habilidades cognitivas, capacidades metodológicas, tecnológicas e linguísticas); as habilidades interpessoais (relacionadas a processos de interação e cooperação social, trabalho em equipe e compromisso ético) e as competências sistêmicas (referentes à capacidade de aplicar conhecimentos na prática, a habilidades de pesquisa, à capacidade de trabalhar autonomamente e ao espírito empreendedor).

Em relação aos fatores negativos relacionados à experiência, relatados no questionário descrito no Apêndice deste capítulo, os aspectos mais citados foram: curto prazo para realização da atividade; falha no acesso a conhecimentos e informações, no suporte da empresa e na comunicação e o fato de a atividade ter sido realizada no início da graduação (Figura 6).

Figura 6 – Fatores negativos citados pelos alunos, em referência à experiência vivenciada

poucas visitas técnicas
falta de organização
muito no início da graduação
prazo curto
falta de cooperação falta de criatividade
falta de conhecimento/informação
pouco suporte da empresa
dificuldade de comunicação
forma de avaliação
falta de recursos

Fonte: elaborada pelos autores

Também foi solicitado aos alunos, com base em sua experiência na atividade, que citassem duas características pessoais que estes notaram ser importantes e necessárias para desempenhar um bom trabalho como engenheiro. Os aspectos mais relatados foram a criatividade, a persistência, a cooperação (trabalho em equipe), a proatividade e a competência técnica (Figura 7).

Figura 7 – Aspectos pessoais importantes e necessários para desempenhar um bom trabalho como engenheiro



Fonte: elaborada pelos autores

A capacidade de trabalhar em equipe, a responsabilidade, a comunicação, a autonomia, a iniciativa, a resolução de problemas, a organização do trabalho e as relações interpessoais são competências transversais entendidas como atitudes, capacidades e habilidades do indivíduo que favorecem o bom desempenho no mundo do trabalho, pois ajudam os indivíduos a lidar melhor com diferentes tipos de situações de trabalho e facilitam a aplicação de suas habilidades técnicas (MORENO, 2006).

Para Giordani, Moraes e Barreto (2017), a aplicação do método PBL permite a simulação de ambientes corporativos e situações competitivas reais que podem motivar os alunos a aprender conteúdos teóricos, colocando-os em prática e, ao mesmo tempo,

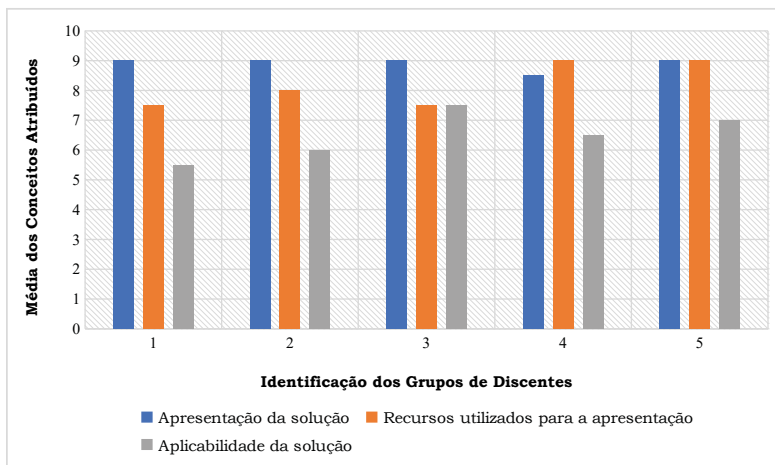
desenvolvendo habilidades transversais importantes para a vida profissional.

Quanto ao método de avaliação adotado pela banca de professores avaliadores e engenheiros da empresa colaboradora, 88,5% relataram estar satisfeitos ou parcialmente satisfeitos. Já em relação à aprovação pela forma como o professor conduziu as aulas, 96,2% aprovaram totalmente ou parcialmente.

Do ponto de vista da avaliação da empresa nos quesitos de viabilidade técnica e econômica e no desenvolvimento e recursos utilizados na apresentação final, as Figuras 8 e 9 ilustram uma média dos conceitos atribuídos pela equipe de supervisores, engenheiros e socio-proprietário da empresa, de 0 a 10.

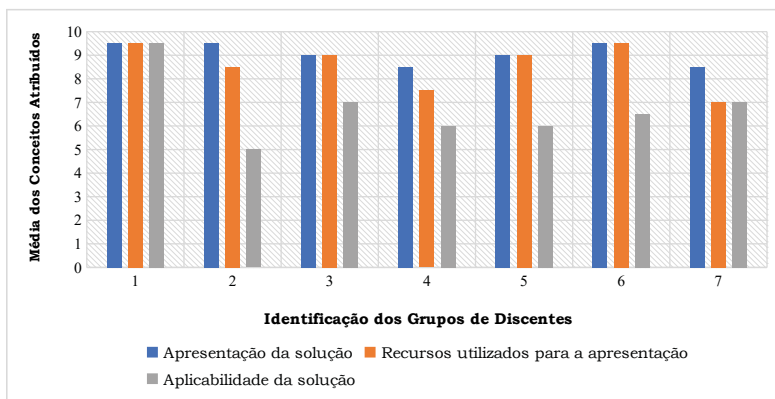
Dessa forma, conforme se observa nas Figuras 8 e 9, todas as soluções expostas apresentaram um nível de aplicabilidade superior a 5, sendo que 42% obtiveram um conceito superior a 7. Ao final dessas apresentações, a empresa manifestou interesse em implementar uma dessas propostas elencadas.

Figura 8 – Média dos conceitos atribuídos pela empresa parceira para os grupos que avaliaram soluções para o problema de sequenciamento do processo de tratamento térmico



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 9 – Média dos conceitos atribuídos pela empresa parceira para os grupos que avaliaram soluções para o problema de identificação de semieixos automotivos



Fonte: elaborada pelos autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a metodologia de aprendizagem ativa PBL apresente uma série de vantagens como a aquisição de conhecimentos de forma mais significativa e duradoura e o desenvolvimento de habilidades e atitudes profissionais positivas por parte dos alunos, essa metodologia expõe o aluno a uma pequena fração do currículo do curso, além de ser elaborada em um tempo limitado e curto.

Outras desvantagens que podem ser destacadas na metodologia PBL é que podem existir imprecisões no conhecimento de teorias mais avançadas e insuficiência de conhecimento de memória, além do fato de os alunos terem a obrigação de trabalhar no ritmo do grupo, o que pode ser frustrante para os que têm dificuldade em atuar dessa forma, segundo afirmação de Ribeiro (2005).

Assim, um cuidado que se deve tomar ao utilizar a abordagem PBL é estimular que os estudantes se tornem conscientes e responsáveis pelas próprias formações, evitando, desse modo, a existência de lacunas nos conteúdos que deveriam ser trabalhados, como indicado por De Graaf e Kolmos (2003).

Adicionalmente, de modo a proporcionar um amplo desenvolvimento dos conhecimentos e das habilidades requeridas para qualquer profissional, faz-se necessária uma abordagem mais abrangente, que envolva diferentes componentes curriculares e estratégias. Mesmo assim, a PBL é vista como uma solução para equipar esses discentes e futuros profissionais com as ferramentas,

habilidades e conhecimentos necessários para o complexo mundo do trabalho (PETERS, 2015).

Os resultados deste trabalho demonstraram que, embora a proposta de aplicação da PBL seja no semestre inicial do curso, fato esse que poderia resultar em uma falta de conhecimentos prévios de suporte ao desenvolvimento das soluções para os problemas, 76,9% dos discentes relataram ter obtido resultados superiores ou em linha com a expectativa inicial. Ademais, 42% das soluções apresentadas pelos discentes tiveram uma avaliação da empresa parceira superior a 70% quanto à sua aplicabilidade técnico-econômica. Do ponto de vista da instituição de ensino, tanto por parte da Coordenação do Curso quanto pela banca de docentes convidados, a avaliação foi de que a iniciativa é coerente com o perfil do egresso e possibilita aproximar o curso das reais demandas do mercado.

Espera-se que essas iniciativas contribuam diretamente para o acesso, a permanência e o êxito desses alunos, estimulando o trabalho em equipe, a motivação, a liderança e a busca pelo constante aperfeiçoamento, que são características importantes e valorizadas pela sociedade em rápida transformação.

REFERÊNCIAS

BARBALHO, S. C. M. *et al.* A Project Based Learning approach for Production Planning and Control: analysis of 45 projects developed by students. **Production**,

v. 27, n. spe, p. 1-16, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.225916>. Disponível em: <https://www.prod.org.br/journal/production/article/doi/10.1590/0103-6513.225916>. Acesso em: jan. 2021.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 83, p. 263-294, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362014000200002>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-40362014000200002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm. Acesso em: 10 nov. 2019.

CANO, J. L. *et al.* Student groups solving real-life projects. A case study of experiential learning. **International Journal of Engineering Education**, v. 22, n. 6, p. 1252-1260, 2006.

CARLINI, A. L. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada ao ensino de direito**: projeto exploratório na área de relações de consumo. 2006. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/9965>. Acesso em: jan. 2021.

CESAR, A. C. G. *et al.* Aprendizagem Baseada em Problemas: relato de vivência entre alunos ingressantes de engenharia. *In*: PANTANO FILHO, R.; FRANCO, G. (org.) **Pesquisa em foco**: educação - ciência - tecnologia - ambiente – sociedade. Salto: FoxTablet, 2019. p. 115-121.

DE GRAAFF, E.; KOLMOS, A. Characteristics of Problem-Based Learning. **International Journal of Engineering Education**, v. 19, n. 5, p. 657-662, 2003. Disponível em: <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf>. Acesso em: jan. 2021.

FERNÁNDEZ-SAMACA, L.; RAMÍREZ, J. M.; OROZCO-GUTIÉRREZ, M. L. Project-based learning approach for control system courses. *SBA Controle & Automação*, v. 23, n. 1, p. 94-107, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-17592012000100008>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592012000100008. Acesso em: mai. 2021.

GIBSON, I. S. Group project work in engineering design: learning goals and their assessment. **International**

Journal of Engineering Education, v. 17, n. 3, p. 261-266, 2001. Disponível em: <https://www.ijee.ie/articles/Vol17-3/IJEE1189.pdf>. Acesso em: jan. 2021.

GIORDANI, D. S.; MORAES, E. J. C.; BARRETO, M. A. M. Simulation of a competitive business environment: a case study in a Chemical Engineering Program. **Production**, v. 27, n. spe, p. 1-12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.220616>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132017000200314&script=sci_abstract. Acesso em: mai. 2021.

GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. **Universities' contributions to the Bologna process**: an introduction. 2. ed. Bilbao: Universidad de Deusto, 2008.

JESUS, E. R. B. *et al.* “Conexão Indústria”- Ações para aproximação com instituições externas, aprimoramento da formação profissional e redução da taxa de evasão. In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (CONEPT), 4., 2018, Araraquara. **Anais** [...]. Araraquara: IFSP: 2018. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/compartilhar/article/view/1022/922>. Acesso em: jan. 2021.

KOLB, D. A. **Experiential learning**: experience as the source of learning and development. 2 ed. Upple Saddle River: Pearson, 2015.

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

LIMA, R. M. *et al.* Development of competences while solving real industrial interdisciplinary problems: a successful cooperation with industry. **Production**, v. 27, n. spe, p. 1-14, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.230016>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132017000200304&script=sci_arttext. Acesso em: mai. 2021.

MONTEIRO, S. B. S. *et al.* A Project-based Learning curricular approach in a Production Engineering Program. **Production**, v. 27, n. spe, p. 1-12, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.226116>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132017000200324. Acesso em: mai. 2021.

MORENO, M. L. R. De la evaluación a la formación de competencias genéricas: aproximación a un modelo. **Revista Brasileira de Orientação Profissional**, v. 7, n. 2, p. 33-48, 2006. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-33902006000200005. Acesso em: mai. 2021.

PERRENET, J. C.; BOUHUIJS, P. A. J.; SMITS, J. G. M. M. The suitability of Problem-Based Learning for Engineering Education: theory and practice.

Teaching in Higher Education, v. 5, n. 3, p. 345-358, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/713699144>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713699144>. Acesso em: jan. 2021.

PETERS, M. Using cognitive load theory to interpret student difficulties with a Problem-Based Learning approach to Engineering Education: a case study. **Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA**, v. 34, n. 1, p. 53-62, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/teamat/hru031>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8151790>. Acesso em: jan. 2021.

PIAGET, J. **A psicologia da inteligência**. Petrópolis: Vozes, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK. 6. ed. Newton Square: PMI, 2017.

RIBEIRO, L. R. C. **A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma implementação na Educação em Engenharia na voz dos atores. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/2353>. Acesso em: jan. 2021.

RÍOS, I. *et al.* Project-based Learning in Engineering Higher Education: two decades of teaching competences in real environments. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1368-1378, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.202> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042810002429>. Acesso em: jan. 2021.

SALVADOR, C. C. *et al.* **Psicologia da educação**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

SCHÖN, D. A. **The reflective practitioner**: how professionals think in action. New York: Basic Book, 1984.

SILVA, A. R.; TERRA, D. C. T. A expansão dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e os desafios na contribuição para o desenvolvimento local e regional. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO, 1., 2013, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: PPGPGP, 2013.

SOARES, F. O. *et al.* An integrated project of entrepreneurship and innovation in Engineering Education. **Mechatronics**, v. 23, n. 8, p. 987-996, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415812001092>. Acesso em: jan. 2021.

SOARES, F. O. *et al.* Automation and control remote laboratory: a pedagogical tool. **The International Journal of Electrical Engineering Education**, v. 51, n. 1, p. 54-67, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7227/IJEEE.51.1.5>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.7227/IJEEE.51.1.5>. Acesso em: jan. 2021.

TORTORELLA, G.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. An initiative for integrating Problem-Based Learning into a lean manufacturing course of an Industrial Engineering graduate program. **Production**, v. 27, p. 1-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.224716>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132017000200318. Acesso em: mai. 2021.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU. **Relatório de Auditoria**. Fiscalização de orientação Centralizada. Rede Federal de Educação Profissional. Necessidade de aprimoramentos nas atuações relacionadas à evasão escolar, à interação com os arranjos produtivos locais e ao apoio à inserção profissional dos alunos. Carência de professores e de profissionais de laboratório. Ausência de instalações físicas adequadas em alguns institutos federais. Recomendações. Secretaria de Controle Externo da Educação, Cultura e Desporto (SecexEduc). Brasília, 2011. (Processo 026.062/2011-9). Disponível em: <https://tcu.jusbrasil.com.br/>

jurisprudencia/315889946/2606220119/inteiro-teor-315890121?ref=juris-tabs. Acesso em: mai. 2021.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society**: the development of higher psychological processes. Londres: Harvard University Press, 1978.

WANG, Y. *et al.* Project Based Learning in Mechatronics Education in close collaboration with industrial: methodologies, examples and experiences. **Mechatronics**, v. 22, n. 6, p. 862-869, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.05.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415812000797>. Acesso em: jan. 2021.

WOODS, D. R. Problem-Oriented Learning, Problem-Based Learning, Problem-Based Synthesis, Process Oriented Guided Inquiry Learning, Peer-Led Team Learning, Model-Eliciting Activities, and Project-Based Learning: what is best for you? **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 13, p. 5337-5354, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie401202k>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie401202k>. Acesso em: jan. 2021.

ZANCUL, E. S.; SOUSA-ZOMER, T. T.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Project-based Learning approach: improvements of an undergraduate course in new product development. **Production**, v. 27, n. spe, p. 1-14, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.225216>.
Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132017000200316&script=sci_abstract. Acesso em: mai. 2021.

ZILLI, G. M.; LAMBERT, G. Desenvolvendo a educação através da robótica móvel: uma proposta pedagógica para o ensino de Engenharia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 38., 2010, Fortaleza. **Anais** [...].Fortaleza: ABENGE, 2010.

APÊNDICE

PERFIL DA TURMA

1) Data de nascimento: _____

2) Trabalha atualmente?

☐
☐
☐

Sim. Trabalho na área do meu curso (Automação).

Sim, mas trabalho em outra área.

Não.

3) Possui alguma formação profissional anterior à Engenharia?

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

Não tenho formação anterior.

Sim, cursos profissionalizantes.

Sim, curso TÉCNICO nas áreas de Automação, Eletroeletrônica ou Informática.

Sim, curso SUPERIOR nas áreas de Automação, Eletroeletrônica ou Informática.

Sim, curso TÉCNICO na área de Mecânica.

Sim, curso SUPERIOR na área de Mecânica.

Sim, em outra área não citada acima.

4) Já teve alguma experiência profissional na área de Automação, Elétrica, Eletrônica, Informação ou Mecânica?

☐

Nunca. Esta atividade integradora no IF foi meu primeiro contato com uma empresa da área.

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Sim, por mais de 10 anos. |
| <input type="checkbox"/> | Sim, de 6 a 10 anos. |
| <input type="checkbox"/> | Sim, de 3 a 5 anos. |
| <input type="checkbox"/> | Sim, de 1 a 3 anos. |
| <input type="checkbox"/> | Sim, menos de 1 ano. |

SOBRE O DESENVOLVIMENTO DESTA DISCIPLINA VISANDO O ATENDIMENTO DE DEMANDAS REAIS DE EMPRESAS

1) Você participou de qual trabalho?

- | | |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | FIFO: Sequenciamento do processo de tratamento térmico. |
| <input type="checkbox"/> | Identificação de Eixos Automotivos. |

2) Considera importante iniciativas como essa para sua formação?

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Muito importante. |
| <input type="checkbox"/> | Importante. |
| <input type="checkbox"/> | Pouco importante. |
| <input type="checkbox"/> | Desnecessária. |
| <input type="checkbox"/> | Não tenho uma opinião formada. |

3) Como classificaria esta sua experiência de, já no início do curso, ter uma atividade integradora com uma empresa de sua área?

- | | |
|--------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> | Excelente. |
| <input type="checkbox"/> | Muito bom. |
| <input type="checkbox"/> | Bom. |

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Regular. Regular. |
| <input type="checkbox"/> | Ruim/Insuficiente. |
| <input type="checkbox"/> | Não tenho uma opinião formada. |

4) Comente e justifique sua resposta anterior.

--

5) Qual das respostas abaixo melhor descreve o atendimento a sua expectativa inicial em relação ao desafio proposto na disciplina e aos resultados atingidos?

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Os resultados superaram minha expectativa inicial. |
| <input type="checkbox"/> | Os resultados ficaram dentro do que eu esperava. |
| <input type="checkbox"/> | Esperava ver resultados melhores do que os apresentados. |

6) Classifique a visita técnica realizada na empresa.

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Excelente. |
| <input type="checkbox"/> | Muito bom. |
| <input type="checkbox"/> | Bom. |
| <input type="checkbox"/> | Regular. |
| <input type="checkbox"/> | Ruim/Insuficiente. |
| <input type="checkbox"/> | Não participei das visitas. |

7) Caso você tenha participado da visita dos líderes, como você a classifica?

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| <input type="checkbox"/> | Excelente. |
| <input type="checkbox"/> | Muito bom. |
| <input type="checkbox"/> | Bom. |
| <input type="checkbox"/> | Regular. |
| <input type="checkbox"/> | Ruim/Insuficiente. |

8) Sobre a comunicação com a empresa, qual das alternativas a descreve melhor:

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Foi ótima, sempre nos forneceram as informações necessárias e no prazo esperado. |
| <input type="checkbox"/> | Poderia ter sido melhor, mas foi suficiente. |
| <input type="checkbox"/> | Ruim. Recebemos poucas informações e, por vezes, atrasadas. |

9) Cite pelo menos 3 fatores POSITIVOS desta atividade.

--

10) Cite pelo menos 3 pontos NEGATIVOS desta atividade.

--

11) Em uma escala de 0 (nenhuma) a 5 (muito), como você classifica a contribuição desta atividade para a compreensão do cotidiano de um engenheiro na indústria.

	5
	4
	3
	2
	1
	0

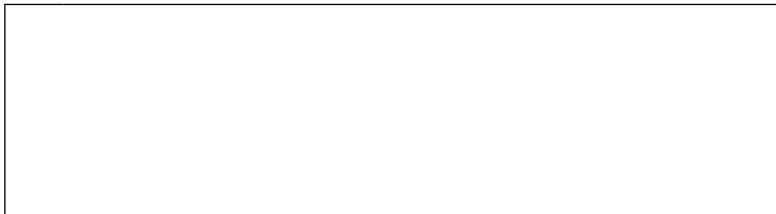
12) Com base em sua experiência nesta atividade, cite duas características pessoais que você notou ser importante e necessária para desempenhar um bom trabalho como engenheiro.

[illegible]

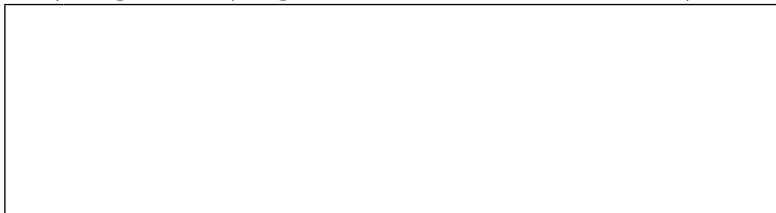
13) Grau de satisfação do método de avaliação adotado pelo professor.

<input type="checkbox"/>	Satisfeito.
<input type="checkbox"/>	Parcialmente satisfeito.
<input type="checkbox"/>	Insatisfeito.

14) Você aprova a forma como o professor conduziu as aulas?



15) Sugestões (elogios, críticas ou comentários).



Capítulo 4

O ENSINO BASEADO EM PROJETOS NOS CURSOS DA ÁREA DE ENGENHARIA DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE

Mário Lucio Roloff
Eduardo Bidese Puhl
Micheli Cristina Starosky Roloff

1 INTRODUÇÃO

A motivação para este capítulo foi compartilhar as experiências exitosas ou não com o ensino baseado em projetos em cursos desde a qualificação profissional até a graduação nos dois Institutos Federais presentes no

estado de Santa Catarina. Os autores deste capítulo atualmente estão vinculados ao Instituto Federal Catarinense (IFC); contudo, atuaram por anos também no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Um dos autores é egresso de curso de graduação do IFSC, ou seja, tem experiência como estudante de um curso baseado em projetos e atua hoje como professor no IFC. Os outros dois autores tiveram suas carreiras docentes em ambos os IFs. Essas experiências foram tentativas no sentido de avançar na atualização da formação em Engenharia no país e contribuem agora no contexto da implantação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia (CNE, 2019a).

Segundo o Parecer CNE/CES nº 1/2019 sobre as novas DCNs das Engenharias (CNE, 2019b), a relevância da aprovação destas

coincide com a expectativa de parte da comunidade acadêmica, das empresas empregadoras desta mão de obra qualificada e dos setores que representam a atuação profissional da área, bem como com a necessidade de atualizar a formação em Engenharia no país, visando atender as demandas futuras por mais e melhores engenheiros.

O texto procura destacar a importância e a necessidade urgente de mudança na formação e

qualificação profissional em Engenharia no país. Alguns outros pontos relevantes que podem ser destacados (CNE, 2019b): i) o Brasil enfrenta dificuldades para competir no mercado internacional devido ao fraco desempenho relacionado aos recursos humanos e à pesquisa; ii) o desinteresse pela Engenharia, uma vez que, em 2014, a Coreia do Sul, a Rússia, a Finlândia e a Áustria contavam com a proporção de mais de 20 engenheiros para cada 10 mil habitantes, e países como Portugal e Chile dispunham de cerca de 16 engenheiros para cada 10 mil habitantes, enquanto o Brasil registrava somente 4,8 engenheiros para o mesmo quantitativo; iii) entre aqueles que iniciam o estudo em Engenharia, a taxa de evasão se mantém em um patamar elevado, da ordem de 50%; iv) a demanda crescente por profissionais com uma formação técnica sólida, combinada com uma formação mais humanística e empreendedora (*soft skills*); v) a emergência da manufatura avançada, como é definida a Quarta Revolução Industrial pelo governo brasileiro, requer a atualização contínua, o centramento no estudante como agente de conhecimento, a maior integração empresa-escola, a valorização da inter e da transdisciplinaridade, assim como do importante papel do professor como agente condutor das mudanças necessárias para atender à Indústria 4.0, dentro e fora da sala de aula em uma Sociedade 4.0.

No contexto deste livro, o presente capítulo procura compartilhar três casos recentes do modelo adotado nos cursos em que estes autores atuaram ou atuam para a qualificação profissional de estudantes dos cursos

da Educação Profissional e Tecnológica. Os estudos de caso são fundamentados na estratégia de Aprendizagem Baseada em Projetos, buscando o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes orientadas ao perfil profissional esperado para o egresso.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

A Ciência e a Tecnologia interferem nos rumos da sociedade. Nessa perspectiva, o estudante não apenas deve saber operar as ferramentas tecnológicas, mas ser capaz de refletir, criticamente, sobre seu papel em uma sociedade permeada pela tecnologia. Na escola do século XXI, o professor lidera o desenvolvimento de seus estudantes, orientando-os para a compreensão e na busca de soluções para as questões cotidianas, por meio da pesquisa e filtragem das informações. Assim como os estudantes, o professor deve trabalhar em colaboração com seus pares, em uma abordagem interdisciplinar do conhecimento (ABREU; EISENSTEIN; ESTEFENON, 2013).

Frente a esse cenário, o professor possui sobre si a exigência da produção e da socialização de conhecimentos acadêmicos, habilidades e competências que permitam sua inserção na realidade complexa do mundo contemporâneo, com a função de participar como professor e pesquisador nos processos de formação dos estudantes, tendo, ainda, o desafio de sua formação continuada. Nesse sentido, as metodologias ativas,

como o ensino baseado em projetos, contribuem para as experiências de aprendizagem que desenvolvam a criatividade e possibilitem o protagonismo, em observância aos desafios que se apresentam aos envolvidos no processo ensino-aprendizagem, trazidos, sobretudo, pelas tecnologias digitais. Assim, é possível contribuir para a formação de professores, entregando, para as redes de ensino, profissionais docentes com conhecimentos acadêmicos e pedagógicos, capazes de empregar tais habilidades, sinergicamente, em experiências que promovam novas formas de aprender e de ensinar.

A proposta pedagógica do ensino baseado em projetos é orientada em uma perspectiva interdisciplinar e transdisciplinar, superando a fragmentação entre os saberes e construindo conhecimentos voltados para os valores e as relações humanas. Em relação aos princípios filosóficos e pedagógicos, diversos pressupostos são contemplados, tais como o ético-político, antropológico-social, epistemológico e didático-pedagógico. Estes autores acreditam que a Educação é um processo de construção de uma determinada ordem material, permeada pela ação e pela prática do discurso veiculado entre o educador e o educando. Trata-se de uma ação que evidencia, como consequência, a existência de uma determinada realidade cultural, social e econômica. É, portanto, uma ação política.

A ação pedagógica é caracterizada por uma metodologia dinâmica, que integra reflexão-ação-interação-construção, por meio da organização do

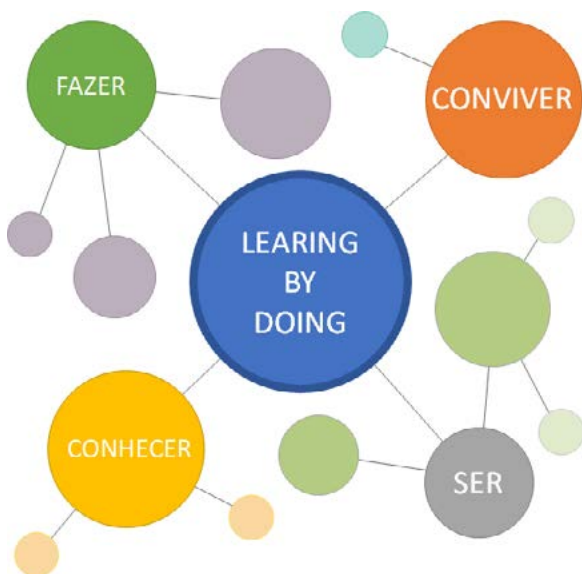
pensamento em uma relação dialógica, resultando no desenvolvimento de habilidades, na construção do conhecimento e na participação consciente, alegre e comprometida de educandos e educadores. Esse processo dinâmico apresenta-se em forma de projetos interdisciplinares, despertando a curiosidade e o gosto pelo conhecimento por meio da pesquisa, de aulas expositivas e dialogadas, de reflexões, de laboratórios, de experimentos, de estudos de caso, de palestras e de tudo o que permite a inserção do estudante no processo de (re)construção do conhecimento. Segundo Vasconcellos (1994, p. 9), “o conhecimento é a mediação central do processo educativo. E aí ele se constrói concretamente, supondo evidentemente intencionalidade, metodologia e planejamento”. Com clareza de objetivos, estratégias, recursos e metodologias, desafia-se o estudante a aprender a aprender, aprender a ser, aprender a conviver e aprender a fazer, pois o processo de aprender é permanente.

Acredita-se que o ensino baseado em projetos esteja balizado no desenvolvimento de competências profissionais, nos saberes (conhecer, fazer, ser, conviver) a serem construídos. Por isso, propõe-se uma estratégia pedagógica integrada e articulada de situações-meio, pedagogicamente concebidas e organizadas para promover as aprendizagens profissionais significativas.

Diante do que foi exposto, os pressupostos para a Aprendizagem Baseada em Projetos podem ser sintetizados de acordo com a Figura 1.

- Aprender a fazer: aplicar saberes, transformar conhecimentos em ações;
- Aprender a conviver: cooperar e participar; gerenciar conflitos; valorizar o pluralismo cultural;
- Aprender a ser: desenvolver autonomia, autocrítica, autoestima e automotivação; valorizar as potencialidades;
- Aprender a conhecer: desenvolver capacidades e competências; despertar para a curiosidade intelectual; dominar instrumentos do conhecimento.

Figura 1 – Referenciais pedagógicos do *Learning by Doing* expostos neste capítulo



Fonte: elaborada pelos autores

O uso de tecnologias na Educação está sendo observado com muita atenção em todos os níveis de ensino, em especial nos cursos de nível fundamental e médio. Nas escolas de Educação Básica, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (CNE, 2017) recomenda o ensino de tecnologias, incluindo as atividades práticas (*learning by doing*), desde o ensino fundamental, como variante do projeto STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) do Governo dos Estados Unidos, em prática desde 2005 e aprovado em 2015 pelo governo americano (BRAGA, 2019). Na indústria, a chegada da Indústria 4.0 é uma realidade na qual a participação de *makers* no processo de criação de aplicativos para conectar a indústria é fundamental. Na agricultura, na pecuária, na medicina, nos vestíveis, na internet das coisas (*Internet of Things*, IoT), nas impressoras 3D e 4D e em muitos outros ramos, abre-se um mundo para a criatividade e a inventividade (BRAGA, 2019).

A presença de modernas tecnologias como a eletrônica, mecatrônica/automação, robótica e informática nos cursos do nível fundamental e médio é recomendada na BNCC, contudo, muitos professores ainda não estão preparados para sua aplicação. A própria BNCC não cita exatamente como a aplicação dessas tecnologias deve ser feita. Em consequência, a maioria dos professores não sabe que existem centenas de projetos simples e de baixo custo, envolvendo conhecimentos básicos em eletrônica, os quais podem ser utilizados como material

de apoio eficiente para o ensino de Ciências e de outras matérias (BRAGA, 2019).

Moran (2004) chama ainda a atenção para a necessidade de uma Educação que possa preparar sujeitos empreendedores, criativos, inovadores, que sejam capazes de exercitar o autoconhecimento, compreendendo seus processos de aprendizado, transformando-se em cidadãos para que possam, de fato, dar conta da convivência na complexa sociedade atual. Nesse processo de formação, as tecnologias podem contribuir para a construção de novos processos que visem à aquisição dessas competências, proporcionando ações diferentes daquelas que, até então, eram frequentes nas práticas educacionais.

Desse modo, as metodologias ativas, que dão ênfase ao papel protagonista do estudante no processo ensino-aprendizagem, ganham cada vez mais espaço na busca pela aproximação da sala de aula com a realidade profissional. Em sentido *lato*, pode ser afirmado que toda aprendizagem é ativa, em maior ou menor grau, pois exige, do estudante e do professor, diferentes processos internos e externos, tais como motivação, seleção e interpretação, comparação e aplicação. Ao longo dos anos, diferentes teóricos têm indicado como cada sujeito aprende de maneira ativa, considerando o contexto no qual se insere (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980; DEWEY, 1950; FREIRE, 1996; PIAGET, 2006; VYGOTSKY, 1991). É sabido também que os sujeitos aprendem de múltiplas maneiras, nas quais diferentes estratégias colaboram – mais ou menos – para que os

objetivos de aprendizagem sejam atingidos. Assim, a aprendizagem ativa, como apontam Bacich e Moran (2018), amplia a flexibilidade cognitiva, possibilitando, por exemplo, que diferentes operações mentais e tarefas sejam realizadas “[...] não apenas para nos adaptarmos à realidade, mas, sobretudo, para transformar, para nela intervir, recriando-a” (FREIRE, 1996).

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma expressão atual de aprendizagem ativa, personalizada e colaborativa. É necessário compreender, no entanto, que o destaque para a palavra “ativa” deve residir na aprendizagem reflexiva, pois, somente desse modo, será possível evidenciar os conhecimentos e competências que se busca desenvolver em cada atividade. A Aprendizagem Baseada em Projetos é entendida como uma metodologia para a aprendizagem ativa, na qual os estudantes se envolvem com atividades e desafios para a resolução de um problema ou, ainda, desenvolvem um projeto relacionado a temas e situações práticas da vida cotidiana. Questões interdisciplinares, tomadas de decisão, trabalho colaborativo, pensamento crítico e criativo fazem parte do processo.

O fundamento da Aprendizagem Baseada em Projetos remonta a primeira metade do século XX, com os trabalhos de Dewey (1950) e Bruner (1961), e apresenta como principais características: i) o estudante no centro do processo; ii) situações-problema reais; iii) trabalho em equipe; iv) processo colaborativo, integrado e interdisciplinar. Desse modo, variadas possibilidades para o desenvolvimento de competências

técnicas e atitudinais são oferecidas. A compreensão de competência vai ao encontro do proposto por Perrenoud (2013¹ *apud* CAMARGO, 2020, p. 78), que a entende como o produto de uma aprendizagem fundamentada na ação humana, desenvolvendo-se quando é possível “[...] dominar um conjunto de situações com a mesma estrutura; mobilizar e combinar diversos recursos: saberes (conhecimento), habilidades (capacidades) e atitudes (valores, identidade); apropriar-se de novos recursos e, se for o caso, desenvolvê-los”.

Na busca pela superação de polaridades, a pesquisa como princípio educativo se constitui em uma pedagogia dialética, histórica e concreta do ensino e da aprendizagem. Demonstra-se a relação de interdependência e reciprocidade pela qual o estudante é visto em uma condição histórica, social e cultural, e o professor, entendido como representante da força externa, orientadora para a formação do estudante por meio do ensino e dos conteúdos (saber pensar) e do desenvolvimento de habilidades e competências (saber fazer), sem, no entanto, conceber tal processo como instrumental, mas sim dialético, que leve a um saber ser e conviver. Significa, portanto, reconhecer o estudante como sujeito de aprendizagem, em formação, com desejos e motivações próprias, que irá construir, em conjunto com o professor, um projeto de vida no qual este, por meio da pesquisa como princípio educativo, atua como

1 PERRENOUD, P. **Desenvolver competências ou ensinar saberes?** a escola que prepara para a vida. Porto Alegre: Penso, 2013.

mediador. Desse modo, a pesquisa como princípio educativo, sobretudo no ensino superior, constitui-se em técnica e instrumento didático, simultaneamente (SILVA; GREZZANA, 2009).

Esses são os referenciais teóricos para este capítulo, que, nas seções seguintes, apresenta e relata resultados práticos que demonstram a viabilidade técnica e econômica e a multidisciplinaridade envolvida no ensino baseado em projeto, o seu potencial de envolvimento da comunidade acadêmica, o fortalecimento da cultura *learning by doing* nos ambientes onde são aplicados, seu impacto social fundamentado nos referenciais de Aprendizagem Baseada em Projetos, nas inovações pedagógicas e na institucionalização da pesquisa como princípio educativo.

3 PRESSUPOSTOS

Como forma de colaborar com os referenciais teóricos apresentados na seção anterior, indica-se outro trabalho, também desenvolvido pelos autores deste capítulo, sobre o ensino baseado em competências, habilidades e atitudes no contexto da Engenharia, que realiza uma descrição da atuação profissional nos últimos 20 anos (ROLOFF; ROLOFF, 2018).

Acredita-se que a mudança na formação em Engenharia, buscando a Engenharia inovadora descrita nas novas DCNs, passa, em primeiro lugar, pelo conhecimento das regras do jogo. Pelo lado dos

professores, não se pode ignorar séculos de ensino em que o docente é o ator principal e responsável pela transmissão de informação (e nada mais) e exigir que agora este seja um professor-mentor ou tutor, um agente facilitador da transmissão de conhecimento e responsável pela formação de competências e habilidades (técnicas e comportamentais). Pelo lado dos estudantes, a primeira competência a ser desenvolvida por aqueles matriculados em um curso que se propõe a atuar com abordagem de ensino-aprendizagem ativa é: compreender a aprendizagem ativa e as responsabilidades dos estudantes nessa abordagem. Os estudantes que iniciam um curso com ensino-aprendizagem ativa, na sua grande maioria, são egressos de cursos de nível médio com abordagem tradicional. Nesse contexto, além da recuperação do *déficit* do ensino médio em termos de conhecimento, é essencial apresentar e capacitar os estudantes nesse novo contexto de ensino-aprendizagem.

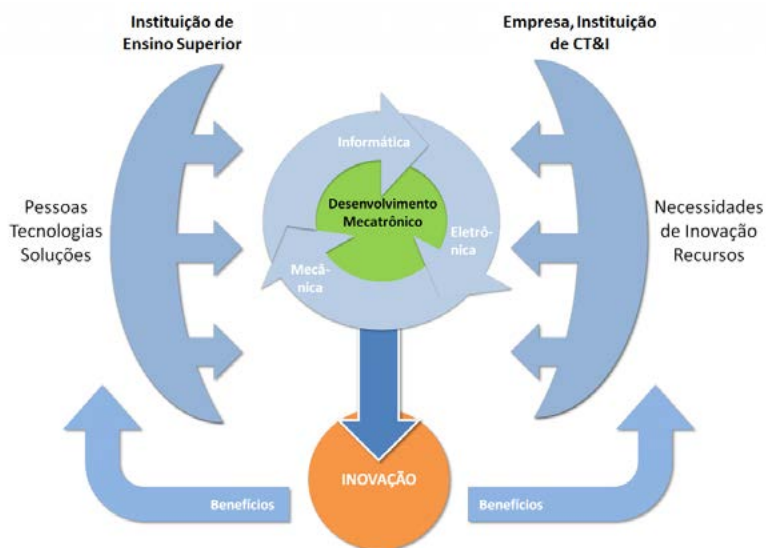
Diante disso, apresentam-se, aqui, cinco pressupostos que, quando adotados, contribuem positivamente na implantação de um modelo de aprendizagem ativa, fundamentada no ensino baseado em competências, habilidades e atitudes e em uma Aprendizagem Baseada em Projetos. São eles:

- Corpo docente diversificado, com alguns professores de perfil teórico/acadêmico e outros com perfil prático/profissional;
- Projeto Pedagógico do Curso (PPC) com estratégia orientada aos pressupostos das DCNs das

Engenharia e em sintonia com o modelo estratégico-operacional elaborado e adotado pelos autores em suas atividades profissionais (Figura 2);

- Estrutura curricular que promova a interação entre as disciplinas e o desenvolvimento conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes;
- Foco no ensino baseado em projeto, que é um terreno vasto para exploração de ações que promovam a interação intercurricular e extracurricular docente e discente;
- Infraestrutura física, administrativa e recursos humanos orientados à aprendizagem ativa, ao ensino baseado em competências, habilidades e atitudes e à Engenharia baseada em projetos.

Figura 2 – Modelo estratégico-operacional da equipe



Fonte: elaborada pelos autores

4 ESTUDOS DE CASO

Como forma de cumprir com o objetivo deste capítulo, serão apresentados três estudos de caso, sendo tais estudos os mais recentes coordenados por estes autores. Ressalta-se que a estratégia e os pressupostos aqui apresentados são também aplicados em outros cursos, como de ensino técnico integrado e subsequente. Cada estudo de caso apresenta os aspectos favoráveis e os desafios enfrentados quando adotada a Aprendizagem Baseada em Projetos ou a aprendizagem baseada em competências, habilidades e atitudes. Os estudos de caso estão relacionados à área de Engenharia de

Controle e Automação/Mecatrônica. Na Figura 3 estão detalhadas as áreas clássicas que contribuem para o perfil do profissional que atua na área multidisciplinar Mecatrônica/Automação e Controle.

Figura 3 – As áreas que compõem a Mecatrônica



Fonte: elaborada pelos autores

Os três estudos de caso a serem descritos contribuem para a formação em Engenharia com perfis discentes bem distintos. O primeiro apresenta a aplicação dos pressupostos em um curso de Qualificação Profissional de 180 horas; seu público são profissionais graduados atuantes no mercado que passaram por cursos

tradicionais na sua formação. O segundo estudo de caso é da disciplina de Projeto Integrador I, que consta como disciplina do curso de Engenharia Mecatrônica do *Campus* Rio do Sul (IFC, 2016), ofertada no primeiro semestre, com carga horária de 75 horas. A terceira experiência é o Mini Projeto Integrador (MiniPI), projeto de Engenharia desenvolvido durante o terceiro semestre do curso de Engenharia Mecatrônica que envolve as disciplinas de Cálculo, Estatística e Probabilidade, Metrologia e Instrumentação e Programação.

Em cada experiência, os pressupostos apresentados foram importantes para se chegar aos resultados indicados nesta seção, inspirados em metodologias ativas como as relatadas em Woods (2014), em especial a Aprendizagem Baseada em Projetos.

4.1 Estudo de caso 1: Formação Inicial e Continuada (FIC) em Indústria 4.0

O objetivo geral do curso de Formação Inicial e Continuada (FIC) em Indústria 4.0 é propiciar qualificação profissional no contexto da Manufatura Avançada (Internet Industrial ou Indústria 4.0) para entusiastas e profissionais das indústrias da região do Alto Vale do Itajaí, capacitando-os nas terminologias, conceitos e tecnologias fundamentais desse novo modelo de produção industrial.

A primeira turma (20 vagas) foi ofertada no semestre 2018.2. Os estudantes possuíam as mais diversas áreas

de formação, inclusive de fora da Engenharia, como Administração de Empresas. As aulas eram ministradas por dois professores da área de Mecatrônica, sendo um bacharel em Engenharia, com experiência profissional, e outro graduado em Tecnologia em Automação Industrial, com experiência acadêmica. Com isso, o curso equilibra bem os aspectos teóricos fundamentais a serem desenvolvidos, mas com o foco na aplicação no dia a dia do estudante-profissional.

A Figura 2, citada anteriormente, serve como modelo estratégico destes autores e a partir dela acontece a elaboração do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) orientado de “fora para dentro”, ou seja, não focando apenas na infraestrutura e nos desejos do corpo docente, mas possuindo como princípio fundamental atender a uma demanda do mercado de trabalho da região. A demanda apresentada foi no desenvolvimento de competências e habilidades para saber e saber fazer projetos e análises no contexto da implantação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 em uma empresa.

A fim de atingir o perfil desejado para o egresso, o curso foi estruturado em 3 módulos (Quadro 1): fundamentos; supervisão e controle; e novas tecnologias. Em cada módulo, as disciplinas promovem o desenvolvimento de competências compartilhadas e orientadas à Aprendizagem Baseada em Projetos, sobretudo na disciplina de Projeto Integrador (PI).

Quadro 1 – Matriz curricular da Formação Inicial e Continuada (FIC) em Indústria 4.0

Módulo	Componentes Curriculares	CH (em horas)
I. Fundamentos de programação	Controlador Lógico Programável	20
	Lógica de programação aplicada com Arduino	20
	Projeto Integrador I – fundamentos*	20
II. Supervisão e controle	Internet das coisas com Raspberry Pi	20
	Sistema supervisorio	20
	Projeto Integrador II – Supervisão e controle*	20
III. Novas Tecnologias	Manufatura aditiva	20
	Inteligência artificial	20
	Projeto Integrador III – Novas tecnologias*	20
Carga Horária Total (em horas)		180

*Um projeto no contexto da Indústria 4.0 será desenvolvido nas disciplinas denominadas Projeto Integrador que serão ofertadas em cada módulo. A dinâmica da disciplina é constituída de atividades de pesquisa e desenvolvimento de projeto aplicado, modelagem, construção, prototipação, testes e defesa final (demonstração). As atividades nesta disciplina serão presenciais e também poder-se-á empregar EaD como suporte às atividades presenciais.

Fonte: IFC (2018)

Enfatiza-se que a Aprendizagem Baseada em Projetos acontece, majoritariamente, durante as disciplinas de Projeto Integrador (PI) I, II e III. Contudo, durante as aulas das outras disciplinas, conceitos e tecnologias são contextualizadas usando os PIs como exemplo.

Dessa forma, os estudantes conseguem visualizar a aplicabilidade do conceito ou da tecnologia em um caso concreto. A metodologia do projeto segue o modelo Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP) indicado em Back *et al.* (2008), cujas etapas, ilustradas na Figura 4, são os projetos informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Na sequência, tem-se as etapas de construção e implementação, testes, validação e verificação, finalizando com a divulgação dos resultados. O modelo PRODIP também é empregado nos dois outros estudos de caso aqui apresentados e em outros cursos nos quais estes autores atuaram ou atuam.

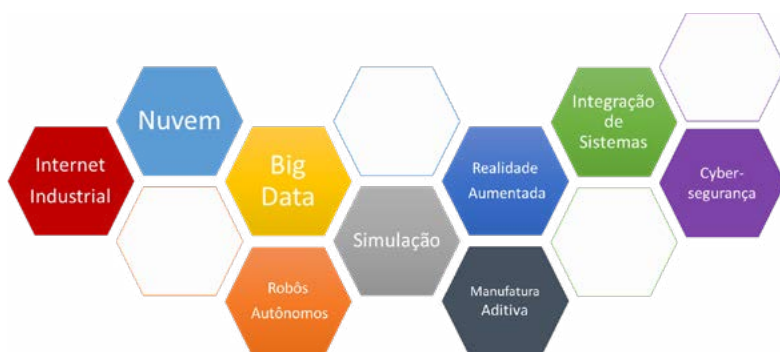
Figura 4 – Etapas utilizadas do processo de desenvolvimento integrador de produtos



Fonte: adaptada de Back *et al.* (2008)

A Indústria 4.0 possui um conjunto de nove tecnologias ditas habilitadoras que garantem a implantação da Manufatura Avançada nas indústrias (Figura 5). Essa terminologia surgiu em uma publicação do *Boston Consulting Group* e hoje é empregada quando o tema é Indústria 4.0. As disciplinas do curso foram definidas possuindo como referencial as tecnologias habilitadoras, as demandas apresentadas e o perfil dos docentes. Os PIs foram definidos diante das demandas e dos interesses dos estudantes.

Figura 5 – Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: adaptada da Rigotti (2020)

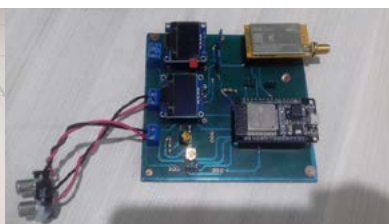
As Figuras 6a, 6b e 6c ilustram três projetos para diferentes setores (indústria/residencial, piscicultura, agricultura) que empregaram as tecnologias da Indústria 4.0 e foram desenvolvidos durante o curso ofertado no semestre 2018.2.

Após concluir as etapas do projeto, os estudantes elaboraram normalmente um artigo científico descrevendo o processo de concepção, construção e experimentos com os protótipos. Toda a documentação, as referências, os modelos, os projetos preliminar e final foram submetidos para uma banca formada pelos professores envolvidos (Figura 6d).

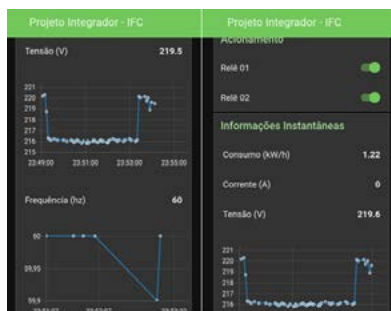
Figura 6 – Projetos: (a) Aeratech; (b) Estufa; (c) Medidor; (d) Defesa



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: elaborada pelos autores

A avaliação aconteceu em três dimensões, a partir de um modelo proposto por um dos professores que fazem parte do corpo docente da área de Mecatrônica, denominada de avaliação PPP (Pessoa, Processo e Produto), dividida nestas características:

- Pessoa: quanto aos aspectos de assiduidade e envolvimento com as tarefas propostas para aquela aula;
- Processo: avaliação desde o projeto conceitual até a defesa final, com a entrega de documentos (conceitos, cronograma, seções do artigo, etapas de fabricação etc.), defesas públicas ou protótipos, mantendo o conceito de avaliação para a equipe;
- Produto (protótipo e artigo): os protótipos e os artigos entregues também recebem uma avaliação por parte dos professores orientadores (normalmente dois professores na turma de 40 estudantes).

Para que os cinco pressupostos apresentados na seção 3 sejam atingidos, além de um PPC de “fora para dentro” e um corpo docente com perfil acadêmico e profissional, é importante a existência de infraestrutura, insumos e técnicos para suporte, que são:

- Laboratórios para etapas de planejamento, projeto, simulação e fabricação são indispensáveis;
- Laboratoristas e outros técnicos capacitados na Aprendizagem Baseada em Projetos que

garantam o suporte às atividades docentes e discentes;

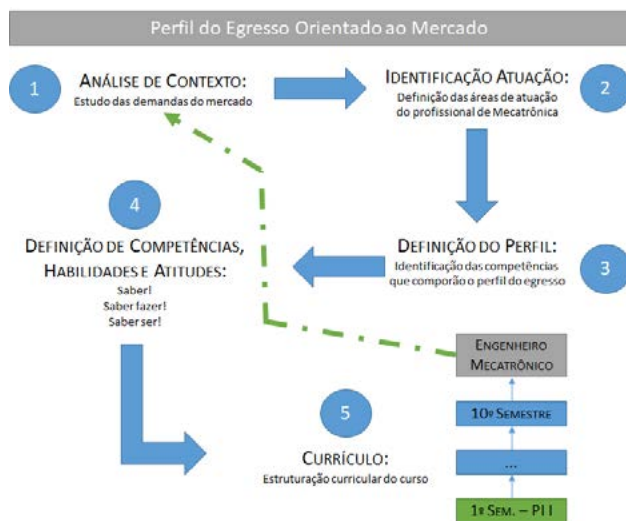
- Suprimentos e materiais para prototipação e fabricação; enfim, manutenção das atividades práticas.

Por fim, também é fundamental que a articulação empresa-escola ocorra de forma a viabilizar a aprendizagem ativa em momentos de restrições orçamentárias. É importante que a empresa entenda a qualificação profissional como investimento, e não como despesa de recursos (humanos e equipamentos) que são destinados às atividades de suporte ao ensino.

4.2 Estudo de caso 2: Projeto Integrador I (PI I)

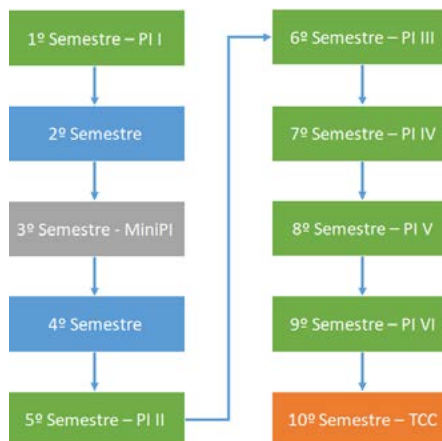
O curso de Engenharia Mecatrônica foi concebido e orientado no modelo estratégico-operacional, ilustrado na Figura 2, para atender às demandas do mercado (Figura 7). Foi inspirado, além disso, na aprendizagem baseada em competências, habilidades e atitudes referenciado pelo ensino baseado em projetos – Projetos Integradores (PI) (Figura 8).

Figura 7 – Concepção do curso orientado ao mercado



Fonte: elaborada pelos autores

Figura 8 – Matriz curricular do curso de Engenharia Mecatrônica com destaque para os PIs (Projetos Integradores)



Fonte: elaborada pelos autores

O objetivo da disciplina Projeto Integrador I (PI I) é introduzir os estudantes no mundo da Engenharia e incentivá-los a buscarem soluções para os desafios propostos pelos professores orientadores. Além de incentivar a busca por uma solução para um problema de Engenharia, o PI I procura promover o relacionamento entre os estudantes ingressantes e o desenvolvimento de habilidades para o trabalho em grupo, fundamentais para a Engenharia da atualidade.

Nesse contexto, a proposta do PI I é desenvolver um dispositivo capaz de lançar discos de *nylon*, seguindo, para isso, etapas do PRODIP. No final do semestre, esses dispositivos são usados pelos alunos em uma competição interna denominada Copa MECACurling.

O MECACurling é uma adaptação inspirada no jogo *Curling* – presente, inclusive, nas olimpíadas de inverno –, com adequações técnicas e de infraestrutura condizentes ao nosso contexto. A Copa MECACurling é uma competição criada pelos orientadores do PI I, que possui como referencial o *Curling* e o jogo de origem italiana denominado de Bocha ou *Boccia*, muito praticado em Santa Catarina.

Este jogo foi proposto como uma ferramenta para a introdução no mundo da Engenharia, de forma que, por meio dele, conceitos como projeto, planejamento, fabricação, prototipagem, testes, demonstração, entre outros, pudessem ser abordados na prática. Quanto aos aspectos da pesquisa científica, no contexto do PI I, pode-se afirmar que a Copa MECACurling passa pela realização concreta de uma investigação planejada e desenvolvida

de acordo com as normas consagradas pela Metodologia Científica (GIL, 2010). Esta atividade é desenvolvida no contexto da disciplina de Metodologia Científica, presente também no primeiro semestre de curso.

Após uma pesquisa preliminar, são gerados três conceitos por cada equipe participante. Cada equipe apresenta esses três conceitos e, após avaliar os aspectos favoráveis e os desafios de cada conceito, escolhe um deles para defesa perante uma banca.

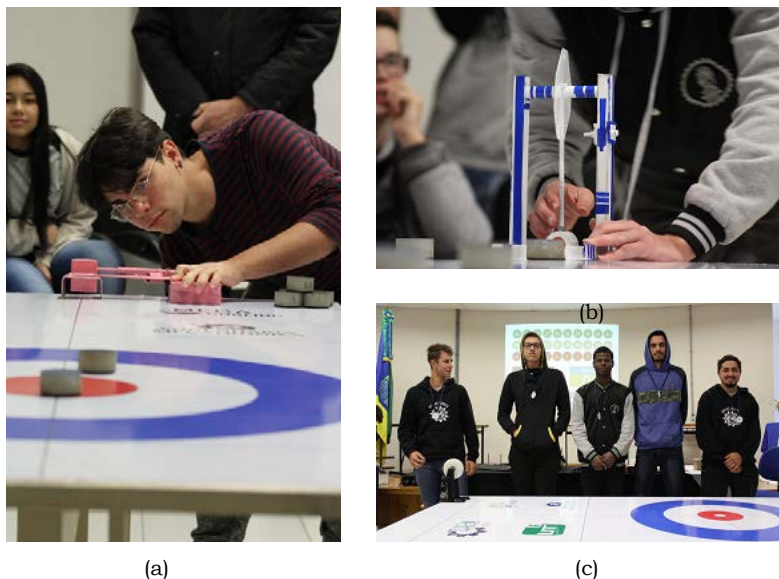
Quanto ao projeto de Engenharia, a metodologia do protótipo deste utilizada pelos estudantes é o modelo PRODIP (BACK *et al.*, 2008), ilustrado na Figura 4, cujas etapas são:

- Projeto informacional: nesta etapa são apresentadas as necessidades do cliente (por exemplo, o tema do PI I), e a equipe passa por uma fase de pesquisa e levantamento das informações para gerar um caderno de encargos (requisitos);
- Projeto conceitual: com base no caderno de encargos, podem ser utilizadas ferramentas, como síntese funcional, fluxograma, matriz morfológica, croquis, que geram um conjunto de soluções viáveis (no PI I são exigidos três conceitos);
- Projeto preliminar: após definido o conceito que será prototipado, esta etapa considera aspectos de ergonomia, fabricação, estética, usabilidade, confiabilidade, distribuição, economia e meio ambiente;

- Projeto detalhado: com o esboço do projeto preliminar, as listas de peças, os processos de fabricação, a lista de materiais, as instruções de fabricação, a montagem, o uso, os diagramas e os desenhos completos são definidos e desenvolvidos.

Na sequência, as etapas de construção e implementação, testes, validação e verificação são realizadas pelas equipes, finalizando com a defesa do Projeto Integrador I para uma banca e a participação na Copa MECACurling durante a Semana Acadêmica do curso (Figura 9). Além do protótipo, das defesas e do relatório científico produzido na disciplina de Metodologia Científica, um artigo é submetido para a avaliação da banca, havendo a possibilidade do envio deste para eventos estudantis ou congressos nacionais de Engenharia, como por exemplo o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

Figura 9 – Registros da Copa MECACurling 2019. a) MecaTron. b) R2D2. c) 4.0 – campeões de 2019



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Entre os desafios do Projeto Integrador I, está a compreensão de como acontece o ensino baseado em projetos e de como será avaliado o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes dos estudantes. A avaliação segue a mesma estratégia do estudo de caso da subseção 4.1, utilizando o método PPP, com as entregas em etapas intermediárias e finais (artigos, modelos, documentos, entre outros) e a defesa pública final. Os resultados podem ser avaliados do ponto de vista técnico (protótipos, defesas, artigos) e do ponto de vista comportamental (índices de aprovação e continuidade no curso).

A Figura 10 ilustra alguns dos protótipos desenvolvidos nas edições da Copa MECACurling dos anos de 2018 e 2019, com um total de oito equipes em cada semestre, compostas por entre quatro e seis integrantes cada. Quanto aos resultados de aprovação, apenas uma equipe foi reprovada por desistência (faltas) dos seus integrantes, durante o semestre 2018.1. Ocorreram reprovações dentro de outras equipes, mas é importante destacar que, como as regras foram apresentadas no início do semestre, as entregas planejadas, as reprovações aconteceram sem questionamento por parte dos estudantes.

Figura 10 – Alguns dos protótipos finalizados ou em construção. a) ICE Wolves. b) Rolling Nylon. c) Iron Worker. d) MECAGuys



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: elaborada pelos autores

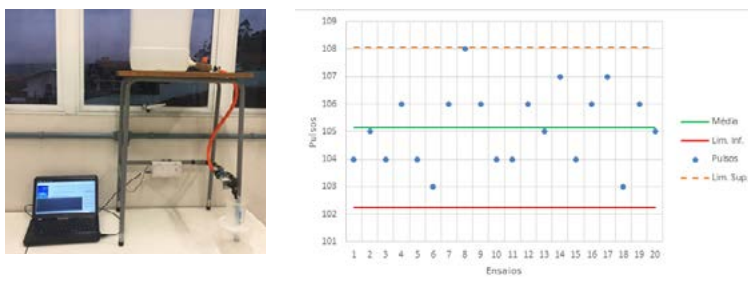
4.3 Estudo de caso 3: MiniPI

O MiniPI é um projeto integrador desenvolvido no terceiro semestre do curso de Engenharia Mecatrônica, mas que não está na matriz curricular deste curso. Considerando os pressupostos apresentados aqui, os professores visualizaram uma oportunidade de desenvolver competências, habilidades e atitudes, em conjunto, também no 3º semestre. Como não há uma disciplina dedicada ao PI, este acontece em cada uma das disciplinas envolvidas que lhe disponibilizam parte da carga horária. No início do semestre, os professores articuladores, em uma atividade de *brainstorming*, definem algumas opções de projetos e constroem os planos de ensino das disciplinas de forma integrada, montando o cronograma das aulas considerando momentos para o MiniPI. No final do semestre, as equipes defendem o PI para a banca formada pelos professores das disciplinas envolvidas, que atribuem uma avaliação para o projeto em conjunto e uma avaliação individualizada para cada disciplina.

Essa proposta ocorreu nas ofertas do terceiro semestre do curso, em 2018.1 e em 2019.1. O objetivo do MiniPI é desenvolver um sistema de coleta de dados de algum tipo de variável (temperatura, umidade, velocidade, luminosidade, massa, entre outras) por meio de um sensor adequado. Os dados coletados são enviados de um microcontrolador dedicado para um software baseado em PC que apresenta as coletas instantâneas dos dados bem como análise estatística

(média, desvio padrão, máximo e mínimo). A Figura 11 ilustra dois dos projetos do MiniPI selecionados entre os dez desenvolvidos no biênio.

Figura 11 – Exemplos de MiniPIs. (a) Sistema de dosagem de líquidos. b) Análise estatística dos ensaios em uma máquina de tração do laboratório de Metrologia



(a)



(b)

Fonte: elaborada pelos autores

Quanto à Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), segue-se a mesma estratégia dos estudos de

caso anteriores. Os projetos são definidos no início do semestre e avançam de acordo com as etapas do PRODIP, a produção de material e a defesa pública (Figura 12).

Figura 12 – Defesas públicas dos Projetos Integradores. a) MiniPI da 5ª fase da graduação. b) Defesa do curso de Aprendizado de Tornearia



Fonte: arquivo pessoal dos autores

5 REFLEXÕES

Após apresentar os estudos de caso, a intenção desta seção é compartilhar uma série de constatações verificadas desde o início da jornada no ensino profissional e tecnológico em 2004 até os dias atuais na Aprendizagem Baseada em Projetos. Considerando os anos de atuação destes autores, desde estudantes de graduação até se tornarem professores na rede federal, são mais de 30 anos de experiência acumulada com acertos e equívocos.

Embora os estudantes não possuam conhecimentos aprofundados dos processos de fabricação e das etapas do projeto de Engenharia, eles desenvolvem competências e habilidades com ferramentas mecânicas manuais (como exemplos: serras, serrotes, parafusos, furadeiras, furadeiras de bancada, entre outras) e com o desenho técnico mecânico. Assim, executam, de uma forma transparente, as etapas de desenvolvimento de produto que terão maior contato na fase profissionalizante do curso (estudo de caso 2) ou na vida profissional (estudo de caso 1).

No estudo de caso 1, o público-alvo possui faixa etária, expectativas, experiências e competências profissionais diferentes do público dos estudos de caso 2 e 3. Esse estudo de caso foi descrito aqui para justificar que o ensino baseado em projetos articulado com o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes na área de Engenharia não está restrito a formação em cursos regulares. A riqueza da diversidade de conhecimentos, experiências e competências profissionais dos estudantes dos cursos de qualificação profissional contribui positivamente nessa modalidade. Ademais, o público-alvo também recebe positivamente a abordagem, por promover maior interação e troca de experiências em sala de aula após um dia de trabalho. Assim, o índice de conclusão melhora significativamente. No estudo de caso 1, dos 20 estudantes que iniciaram, 17 concluíram (85%); a média dos demais cursos de qualificação ofertados sem essa abordagem é de 50%.

Do ponto de vista comportamental, os estudantes desenvolvem as *soft skills*, que são as habilidades e

as atitudes necessárias para o trabalho em equipe e multidisciplinar. Aspectos como a autonomia, a responsabilidade, a assiduidade, o relacionamento são fundamentais, e os estudantes são avaliados também nas *soft skills*. Constata-se, no estudo de caso 2, ofertado para a turma de calouros, que a disciplina acaba contribuindo para a definição, no início do curso, por parte dos estudantes, quanto a continuidade ou não no curso de Engenharia. No final do semestre, os estudantes possuem uma melhor visão do perfil do engenheiro como “solucionador de problemas”. Dessa forma, o discente com expectativas diferentes acaba optando por transferência ou ingresso no semestre seguinte em outro curso. Por outro lado, o estudo de caso 2 confirma a aptidão pela Engenharia e motiva os estudantes a seguirem em frente ultrapassando os desafios do ciclo básico indispensável na formação dos pilares do profissional de Engenharia.

Ver o todo não pela simples somatória das partes que o compõem – a visão do engenheiro –, percebendo que tudo sempre está em tudo, tudo repercute em tudo, permitindo que o pensamento ocorra com base no diálogo entre as diversas áreas do saber; esse é o objetivo final que estes autores buscam com esta proposta. É esse estabelecimento de relações que possibilitará analisar, entender e explicar os acontecimentos, fatos e fenômenos passados e presentes, para que se possa projetar, prever e simular o futuro. Esse é o principal resultado alcançado nesses três estudos de caso.

Uma vez que se garante a integração dos conteúdos, está se garantindo também seu significado para os estudantes; conseqüentemente, crescerá o interesse destes pela área de Engenharia. Essa motivação fará com que o estudante busque novos conhecimentos, trazendo consigo a possibilidade de pesquisar sobre o tema, problema ou questão eleitos.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) com o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes nos estudantes apresenta perspectivas múltiplas, em que todas as disciplinas contribuem de uma certa forma, e, por consequência, o estudante poderá receber orientações e desafios para se questionar, com uma nova visão criativa, ousada e com uma nova concepção de divisão do saber. A especificidade de cada conteúdo precisa ser garantida paralelamente à sua integração num todo harmonioso e significativo.

A certeza de êxito de um projeto interdisciplinar não está firmada apenas na integração das disciplinas, na escolha de um tema “gerador”, na pesquisa realizada, mas, principalmente, no engajamento dos membros envolvidos por meio de atitudes interdisciplinares. A interdisciplinaridade implica um trabalho coletivo, em equipe, e isso, segundo Petraglia (1993), “envolve exercício e grande disponibilidade, compromisso, humildade e abertura para se repetir o ‘sei que nada sei’ socrático, em uma expressão humana, sábia e passível de erros e riscos”.

Por fim, destaca-se que é preciso entender bem a função social e pedagógica da Aprendizagem Baseada

em Projetos com o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes, que estabelece parâmetros significativos para o sucesso e continuidade do percurso formativo do estudante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal desafio na implantação do ensino-aprendizagem ativo em cursos de Engenharia está explicitado no trabalho de Lima (2017, p. 431), para o qual “[...] deve-se considerar que a força da inércia representa um forte obstáculo a ser enfrentado, quando se buscam mudanças na prática educacional. A polêmica, ainda atual, em relação à transferência do centro do processo do professor e dos conteúdos para os educandos deve estar contextualizada em relação à proposta de educação e de escola que a sociedade deseja para suas futuras gerações”.

Diante do posto e vivenciando-se o dia a dia de cursos com a Aprendizagem Baseada em Projetos e a aprendizagem baseada em competências, habilidades e atitudes, constata-se que as exigências em sala de aula e extraclasse são maiores, e a responsabilidade do professor é ampliada. Os professores devem estar preparados para atuar além da transmissão de conhecimento, passando a agir também como mentores/tutores/gestores dos estudantes. Na Engenharia ativa, os estudantes se deparam com situações de tomada de decisões (tal como nas empresas) em várias situações

extracurriculares (como exemplos, nos projetos integradores, de pesquisa e extensão, nos grupos de trabalho, nos times de competição). Tais decisões também ocorrem nas disciplinas que fazem parte de cada semestre do curso, disciplinas essas articuladas com práticas que estimulam até mesmo a inovação e o empreendedorismo no estudante.

Outro ponto importante dessa abordagem de ensino-aprendizagem ativa é a geração e a divulgação do conhecimento para a comunidade interna e externa. A transferência da tecnologia de forma articulada com a comunidade interna e externa fomenta novas parcerias para novos projetos, garantindo apoio para a continuidade e o fortalecimento do curso.

Essas experiências precisam ser consideradas e divulgadas amplamente, não somente no âmbito dos Institutos Federais. Lima (2017) argumenta que “[...] quanto mais ativo, crítico e reflexivo for esse processo, maiores serão as chances para produzirmos mudanças na Educação e na sociedade”. Nesse aspecto, uma obra como este livro contribui eficazmente para difusão dos inúmeros resultados nos Institutos Federais, mesmo antes das novas Diretrizes Curriculares da Engenharia serem publicadas.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. N.; EISENSTEIN, E.; ESTEFENON, S. G. B. **Vivendo esse mundo digital**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericano, 1980.

BACICH, L.; MORAN, J. M. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BRAGA, N. C. **Manual maker**. Volume 1, primeiros passos. [S.I.]: Editora NCB, 2019.

BRUNER, J. S. The act of discovery. **Harvard Educational Review**, v. 31, p. 21-32, 1961.

CAMARGO, F. Desenvolvimento de competências por meio de estratégias pedagógicas de aprendizagem ativa. In: DEBAULD, B. (org.). **Metodologias ativas no ensino superior**: o protagonismo do aluno. Porto Alegre: Penso, 2020. cap. 9.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Parecer CNE/CES nº 1/2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: CNE, 2019b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/marco-2019-pdf/109871-pces001-19-1/file>. Acesso em: jan. 2020.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CP n. 2, de 22 de dezembro de 2017.** Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79631-rcp002-17-pdf&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192. Acesso em: jan. 2020.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: MEC, 2019a. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: mai. 2021.

DEWEY, J. **Vida e educação.** São Paulo: Nacional, 1950.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas. 2010.

IFC – INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE. **Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Engenharia Mecatrônica.** Rio do Sul: IFC, 2016.

IFC – INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE. **Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Qualificação Profissional em Manufatura Avançada/Indústria 4.0/ Internet Industrial**. Rio do Sul: IFC, 2018.

LIMA, V. V. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino aprendizagem. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 21, n. 61, p. 421-434, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-57622016.0316>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-32832017000200421&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

MORAN, J. M. A contribuição das tecnologias para uma educação inovadora. **Revista Contrapontos**, v. 4, n. 2, p. 347-356, 2004. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/785>. Acesso em: jan. 2021.

PETRAGLIA, I. C. **Interdisciplinaridade**: o cultivo do professor. São Paulo: Pioneira, 1993.

PIAGET, J. **Psicologia e pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

RIGOTTI, G. Conheça as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e algumas aplicações. **Blog ABII**. Joinville, 6 out. 2020. Disponível em: <https://www.abii.com.br/single-post/conheça-as-tecnologias-habilitadoras-da-indústria-4-0-e-algumas-aplicações>. Acesso em: mai. 2021.

ROLOFF, M. L.; ROLOFF, M. C. S. Pontos relevantes para a implantação da Engenharia ativa: um relato de experiência docente em cursos de Engenharia nos Institutos Federais no Estado de Santa Catarina. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 46.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 1., 2018, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: ABENGE, 2018.

SILVA, S.; GREZZANA, J. F. **Pesquisa como princípio educativo**. Curitiba: IBPEX, 2009.

VASCONCELLOS, C. S. **Construção do conhecimento em sala de aula**. 2. ed. São Paulo: Libertad, 1994.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WOODS, D. R. Problem-Oriented Learning, Problem-Based Learning, Problem-Based Synthesis, Process Oriented Guided Inquiry Learning, Peer-Led Team Learning, Model-Eliciting Activities, and Project-Based. Learning: what is best for you? **Industrial and Engineering Chemical Research**, v. 53, n. 13, p. 5337-5354, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie401202k>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie401202k>. Acesso em: jan. 2021.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS POR MEIO DE DISCIPLINAS INTEGRADORAS: Experiência do Curso de Engenharia de Computação da UTFPR

Gustavo Benvenutti Borba

João Alberto Fabro

Guilherme Alceu Schneider

Heitor Silvério Lopes

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de profundas adaptações e de mudanças no ensino de Engenharia, no sentido de promover uma formação que contemple os desafios atuais, é amplamente reconhecida e abordada por instituições de ensino superior no mundo todo (GRAHAM, 2018). No Brasil, uma das iniciativas acadêmicas que merece destaque foi realizada pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE), por meio do documento “Inovação na Educação em Engenharia - proposta de diretrizes para o curso de Engenharia” (ABENGE, 2018). O setor corporativo também apresentou propostas, algumas indicadas no documento “Destaque de inovação: recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil”, disponibilizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) (CNI, 2018). Ainda, o Ministério da Educação (MEC) brasileiro homologou as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em Engenharia (CNE, 2019), nas quais se observa um forte alinhamento com as propostas da ABENGE e da CNI.

Um dos consensos entre os documentos mencionados está na importância da aplicação de metodologias ativas, para o desenvolvimento das competências requeridas dos futuros profissionais em Engenharia. Segundo Freeman *et al.* (2014, pg. 8414, tradução nossa), as aulas tradicionais são baseadas “na contínua exposição por parte do professor, de maneira que a atividade do estudante está limitada a realizar anotações e

perguntas ocasionais”, o que não facilita o engajamento dos estudantes. Consequentemente, dificilmente será atingida uma aprendizagem duradoura (ELMÔR FILHO *et al.*, 2019). Já a aprendizagem ativa, ainda segundo Freeman *et al.* (2014, pg. 8413, tradução nossa): “promove o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem através de atividades, ao contrário de ouvir passivamente. Ela enfatiza o pensamento de alta ordem e frequentemente envolve trabalho em equipe.”

Nesse contexto, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) ou *Project-Based Learning* (PjBL) é considerada uma das principais práticas de ensino para a promoção da aprendizagem ativa e que conduz a uma aprendizagem duradoura (CHRISTIE, GRAAFF, 2017; MASSON *et al.*, 2012). É importante destacar que *Project-Based Learning* e *Problem-Based Learning* (PBL) são práticas de ensino diferentes. De acordo com Perrenet, Bouhuijs e Smits (2000¹ *apud* MILLS, 2002), são diferenças relevantes: a PjBL enfatiza trabalhos conectados à realidade profissional e à gestão dos projetos, enquanto esses aspectos recebem menos atenção na prática de ensino PBL.

O curso de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Curitiba incorpora a PjBL no seu currículo

1 PERRENET, J. C.; BOUHUIJS, P. A. J.; SMITS, J. G. M. M. The suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: theory and practice. **Teacher in High Education**, v. 5, n. 3, p. 345-358, 2000.

por meio de disciplinas denominadas Oficinas de Integração (OIs), inseridas no terceiro semestre (Oficina de Integração 1 – OI1), no sexto semestre (Oficina de Integração 2 – OI2) e no oitavo semestre (Oficina de Integração 3 – OI3), ao longo dos dez semestres de duração do curso.

Este capítulo apresenta conceitos importantes para a contextualização das OIs e vários aspectos da sua aplicação no curso. Primeiramente, caracterizam-se aprendizagem ativa, PjBL e competências, e como esses conceitos se relacionam. Posteriormente, apresenta-se uma breve descrição de como as OIs estão situadas no currículo do curso. Em seguida, são abordados, em detalhes, a metodologia aplicada nas OIs e os resultados obtidos, assim como discussões e considerações finais relacionadas à experiência do curso de Engenharia de Computação da UTFPR na aplicação das OIs.

2 APRENDIZAGEM ATIVA, *PROJECT-BASED LEARNING* E COMPETÊNCIAS

Para a apresentação das definições e detalhes pertinentes ao contexto deste trabalho a respeito da aprendizagem ativa, PjBL e competências, é importante explicitar como tais conceitos se relacionam. A Figura 1 ilustra um diagrama no qual as relações podem ser observadas. Do ponto de vista hierárquico, a aprendizagem ativa é o componente mais abrangente, que tem por objetivo promover o engajamento dos

estudantes para a obtenção de uma aprendizagem significativa e duradoura. Para isso, utiliza, como recurso diferenciado, práticas ou técnicas de ensino, entre as quais encontra-se a PjBL, abordagem usada neste capítulo. Mais informações sobre diferentes práticas de ensino para aprendizagem ativa, como as elencadas na Figura 1, entre outras, podem ser encontradas em Wollf *et al.* (2015) e Elmôr Filho *et al.* (2019). Ainda conforme a Figura 1, ao final do processo, essas práticas de ensino promovem o desenvolvimento das competências requeridas dos estudantes.

Figura 1 – Relação entre aprendizagem ativa, práticas de ensino e competências: a aprendizagem ativa é implementada a partir de diferentes práticas de ensino, que resultam no desenvolvimento das competências



Fonte: elaboração própria

2.1 Aprendizagem ativa

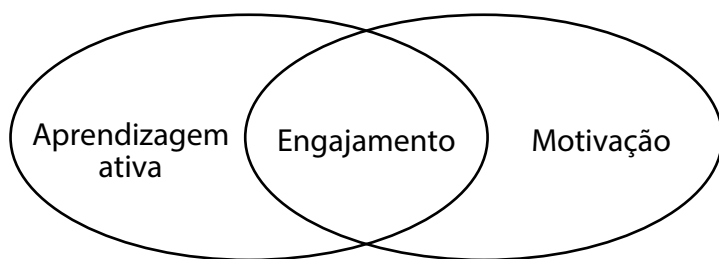
A aprendizagem ativa, segundo Lima, Andersson e Saalman (2017, p. 3), pode ser definida como aquela que “engaja e desafia os estudantes, utilizando situações da vida real e situações imaginárias, a partir das quais os estudantes engajam-se em tarefas que demandam pensamento de alta ordem, como análise, síntese e avaliação”.

É interessante notar que essa definição complementa aquela apresentada na seção 1 (Introdução) deste capítulo, ao especificar que tipos de atividades motivam os estudantes – “situações da vida real e situações imaginárias” – e também as categorias de pensamento de alta ordem demandados – “análise, síntese e avaliação”. Portanto, não por acaso, a PjBL é uma prática de ensino bastante difundida e considerada eficaz no favorecimento da aprendizagem ativa, especialmente em Engenharia, pois um projeto de Engenharia está comumente vinculado a uma “situação da vida real” e sua elaboração demanda os elementos “análise, síntese e avaliação”.

Além disso, observa-se que o termo “engajamento” permeia, com frequência, as definições e discussões a respeito de aprendizagem ativa. Nesse sentido, Barkley (2009) destaca que “o engajamento dos estudantes é resultado da combinação entre a aprendizagem ativa e a motivação, conforme ilustrado no diagrama da Figura 2. Para que o engajamento efetivamente ocorra,

ambos elementos são necessários – aprendizagem ativa e motivação”.

Figura 2 – Diagrama ilustrando o conceito de que o engajamento dos estudantes decorre da intersecção entre aprendizagem ativa e motivação



Fonte: adaptado de Barkley (2009, p. 5)

2.2 *Project-Based Learning*

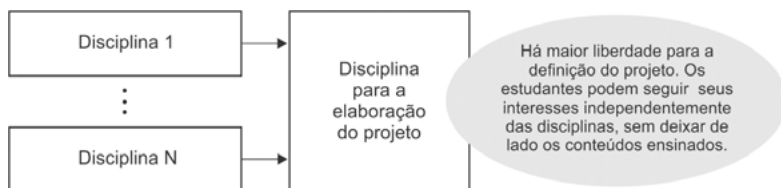
Entre as características importantes da prática de ensino PjBL, destacam-se: (i) colaboração entre os estudantes – projetos em equipe; (ii) multidisciplinaridade; (iii) o estudante assume um papel central na condução do projeto (*self-directed*) (MILLS, 2002); (iv) o professor assume o papel de facilitador do processo de aprendizagem, e não mais de transmissor de conhecimento (ENEMARK; KJAERSDAM, 2009). Ainda, é válido lembrar que as denominações *Project-Based Learning* e *Problem-Based Learning*, embora sejam muitas vezes intercambiadas (usadas para identificar a mesma prática de ensino), apresentam diferenças

relevantes. De acordo com Perrenet, Bouhuijs e Smits (2000 *apud* MILLS, 2002), as diferenças marcantes são: (i) os trabalhos na PjBL estão mais relacionados à realidade profissional. Requerem, portanto, maior tempo para a elaboração, podendo ser de várias semanas; (ii) enquanto a PBL está mais direcionada à aquisição de conhecimento, a PjBL enfatiza a aplicação de conhecimento; (iii) os aspectos de gerenciamento de tempo, recursos, divisão de tarefas e papéis na equipe, por parte dos estudantes, são muito importantes na PjBL e menos acentuados na PBL.

Segundo Moesby (2009), a PjBL pode ser implementada em diferentes níveis do ponto de vista organizacional: (i) individual; (ii) de grupo; (iii) institucional. No nível individual, o projeto é proposto em uma disciplina e está delimitado pelo conteúdo dessa. No nível de grupo, os conteúdos de mais de uma disciplina são contemplados. Nesse caso, os professores das disciplinas podem propor um único projeto em conjunto, ou pode existir uma disciplina separada e que não necessariamente se comunica com as demais disciplinas (mas utiliza seus conteúdos), dedicada, exclusivamente, ao desenvolvimento de um projeto. Esse modelo de implementação é ilustrado no diagrama da Figura 3. No nível institucional, as disciplinas são desenvolvidas a partir do projeto. O projeto é o fio condutor dos conteúdos a serem abordados durante o curso, ou parte dele. Em outras palavras, o projeto situa-se no centro do processo de aprendizagem, e é o

projeto que estabelece quais conteúdos serão abordados nas disciplinas.

Figura 3 – Modelo de implementação da PjBL no nível de grupo, no qual há uma disciplina separada para a elaboração do projeto



Fonte: adaptado de Moesby (2009, p. 58)

Vale ressaltar que a PjBL no nível institucional só é obtida a partir de uma forte mudança de postura e mentalidade de todos os membros da organização, pois requer uma mudança cultural que admite o projeto como o centro do processo de aprendizagem. Já a PjBL no nível de grupo, ainda que também possa despertar alguma relutância por parte dos professores, é aceita com muito maior naturalidade (MOESBY, 2009).

2.3 Competências

As práticas de ensino orientadas para a aprendizagem ativa (exemplos na Figura 1) apresentam características e objetivos distintos. Consequentemente, cada uma dessas práticas proporciona o desenvolvimento de competências distintas. As competências promovidas pela PjBL são amplas e reconhecidamente importantes

na formação dos estudantes. Segundo Duch, Groh e Allen (2001), entre as principais competências desenvolvidas pela PjBL, encontram-se:

[...] pensar criticamente e estar apto para analisar e resolver problemas complexos, do mundo real; encontrar, avaliar e usar apropriadamente recursos de aprendizagem; trabalhar cooperativamente em times e pequenos grupos; demonstrar versatilidade e habilidade efetivas de comunicação verbal e escrita; utilizar as habilidades intelectuais adquiridas na universidade, para aprender continuamente, de forma independente.

3 CONTEXTO DAS OFICINAS DE INTEGRAÇÃO NO CURSO

O curso de Engenharia de Computação da UTFPR Curitiba foi implantado em 2007, operando em regime semestral, nos turnos da manhã e da tarde, com duração de 10 semestres (5 anos). São admitidos 44 estudantes, semestralmente, por meio do Sistema de Seleção Unificada (SISU) do MEC.

As Oficinas de Integração (OIs) estão presentes no currículo do curso desde a sua implantação e ocorrem no nível de grupo, adotando o modelo de disciplinas separadas, dedicadas, exclusivamente, ao desenvolvimento de um projeto de Engenharia (Figura

3). A carga horária em sala de aula de cada uma delas é de 45 horas. Assim como nas demais disciplinas, essa carga horária está distribuída em encontros semanais, neste caso de 2,5 horas. As proporções de cargas horárias ocupadas pelas OIs são de 12% do semestre para OI1 (3º semestre), 14% do semestre para OI2 (6º semestre) e 27% do semestre para OI3 (8º semestre).

É importante destacar que o modelo de disciplinas separadas adotado não implica que as OIs prescindam das demais disciplinas ou que se desconsidere a importância da comunicação entre elas. Os projetos de Engenharia desenvolvidos nas OIs demandam os conteúdos abordados nas disciplinas anteriores e concomitantes, portanto, valorizando e promovendo a articulação entre as demais disciplinas. O Quadro 1 ilustra as disciplinas de formação específica em Engenharia de Computação cujos conteúdos são mais comumente aplicados nos projetos de OIs. A matriz curricular completa pode ser vista no Projeto Pedagógico de Curso (PPC) (UTFPR, 2017).

Quadro 1 – Disciplinas da Engenharia de Computação cujos conteúdos são frequentemente aplicados nos projetos de OIs

Sem.	OI	Disciplinas
1		Introdução à Lógica para Computação; Fundamentos de Programação 1
2		Estruturas de Dados 1; Técnicas de Programação; Introdução a Práticas de Laboratório em Eletricidade e Eletrônica
3	OI1	Estruturas de Dados 2; Eletricidade

Continua

Conclusão

Sem.	OI	Disciplinas
4		Análise de Sistemas Lineares; Circuitos Digitais; Circuitos Elétricos
5		Análise e Projeto de Sistemas; Introdução a Banco de Dados; Comunicação de Dados; Eletrônica Geral 1; Desenho Técnico Aplicado
6	OI2	Engenharia de Software; Sistemas Microcontrolados; Eletrônica Geral 2
7		Sistemas Inteligentes; Sistemas Embarcados; Controle 1; Redes de Computadores; Processamento Digital de Sinais
8	OI3	Sistemas Distribuídos; Laboratório de Controle Discreto

Fonte: elaboração própria

4 METODOLOGIA DAS OFICINAS DE INTEGRAÇÃO

Muitas vezes, currículos que também adotam disciplinas similares às OIs – baseadas em PjBL no nível de grupo dedicadas exclusivamente à elaboração de um projeto de Engenharia – não costumam incorporá-las em diferentes momentos do curso, destacando esta abordagem na disciplina Introdução à Engenharia (LOPES *et al.*, 2018). Assim, uma das particularidades do currículo do curso de Engenharia de Computação da UTFPR Curitiba, nesse aspecto, está justamente na existência das três disciplinas de OIs, em momentos diferentes do curso, conforme indicado no Quadro 1.

Do ponto de vista metodológico, uma das consequências disso está no fato de que as OIs, naturalmente, apresentam vários procedimentos em comum. Ao mesmo tempo, é possível agregar particularidades que permitem a adequação da

metodologia às exigências da formação e ao perfil do estudante em cada momento do curso. A diferença de perfil dos alunos no decorrer do tempo é marcada, entre outros fatores, pelo acúmulo de recursos técnicos advindos de um conjunto maior de disciplinas cursadas, maior convivência com os colegas, melhor compreensão das exigências de um curso de Engenharia e maior interesse na elaboração de projetos vinculados ao mundo real.

Nas subseções 4.1 a 4.4, descrevem-se, em detalhes, as metodologias empregadas nas OIs, discriminando-se os pontos em comum e as particularidades. Todos os procedimentos estão em alinhamento com as definições apresentadas e visam os benefícios da aprendizagem ativa utilizando a PjBL e a construção das competências, apresentados na seção 2.

4.1 Aspectos comuns das metodologias das Oficinas de Integração

Os temas dos projetos são propostos pelos estudantes, com as equipes montadas por eles próprios. O nível de complexidade dos projetos varia, mas estes sempre são desenvolvidos de modo a envolver a aplicação de conhecimentos adquiridos nas diversas disciplinas cursadas até então, como apresentado no Quadro 1. A metodologia compreende uma etapa de especificação dos projetos, que dura em torno de quatro semanas, seguida por uma etapa de desenvolvimento dos projetos

em equipes, com duração média de 10 semanas, e uma etapa de defesa final, de uma ou duas semanas. Durante todo o processo de elaboração dos projetos, as equipes contam com o auxílio e o acompanhamento próximo dos professores. Isso envolve a proposta, a concepção, a execução, o gerenciamento, a documentação e a defesa dos projetos em um período de, em média, 17 semanas (um semestre letivo).

Como o curso de Engenharia de Computação da UTFPR Curitiba é ofertado de maneira conjunta pelos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica (DAELN) e de Informática (DAINF), todas as disciplinas de OIs são ministradas com a presença de dois professores, um de cada departamento, de modo a suprir as necessidades de orientação técnica demandadas, o que não aconteceria de forma adequada se apenas um professor, de um dos dois departamentos, ministrasse a disciplina. Ambos os professores estão 100% do tempo em sala de aula, e seus pontos de vista complementares, tanto técnico quanto didático-pedagógico, colaboram para um melhor andamento da disciplina. Isso é particularmente visível nas situações em que detalhes técnicos pertinentes a uma ou outra área do conhecimento são discutidos, mais notadamente na OI2 e, de forma muito clara, na OI3, na qual os projetos são mais avançados.

As defesas dos projetos envolvem a apresentação para a turma e para uma banca avaliadora, utilizando slides como apoio e a demonstração do funcionamento do projeto. Os critérios para a avaliação da defesa são: material de apoio; organização; funcionamento

do protótipo. Durante a defesa oral, na qual todos os integrantes devem expor-se, são avaliados individualmente: domínio; postura; linguagem. Nos relatórios, avaliam-se: completude; organização; linguagem. Para a atribuição das notas, em cinco níveis, a cada um dos itens mencionados, aplica-se a escala de Likert (NEMOTO; BEGLAR, 2013). As bancas avaliadoras são compostas pelos professores das disciplinas, em conjunto com professores convidados, podendo contar com a presença de docentes de outros cursos e departamentos, dependendo do tema do projeto.

Os espaços físicos utilizados são laboratórios contendo computadores e bancadas com espaço adequado para trabalhos com circuitos eletrônicos. Estão disponíveis os equipamentos tradicionais de instrumentação eletrônica, como multímetros, osciloscópios, fontes DC, geradores de funções, entre outros. Para a confecção de estruturas mecânicas que demandam materiais como madeira, metal, acrílico – por exemplo, impressões 3D ou placas de circuito impresso –, os estudantes contam com o apoio de setores da UTFPR com a infraestrutura adequada ou recorrem a recursos próprios, como oficinas caseiras pessoais ou de conhecidos.

4.2 Oficina de Integração 1

A disciplina OI1 é ministrada no terceiro semestre e consiste no primeiro contato dos estudantes com as OIs.

As equipes são de, preferencialmente, três membros, podendo ser duplas. Exige-se que o projeto envolva um sistema microcontrolado, sendo que placas de prototipagem eletrônica, como o Arduino e seus *shields*² para interface com sensores e atuadores, constam como as ferramentas mais utilizadas pelos estudantes. Não é permitida, no protótipo final, a utilização da técnica de construção eletrônica baseada em *protoboard* (SCHERZ; MONK, 2016). Caso necessário, os alunos devem utilizar montagem em placas universais ou efetuar o *layout*, construir e montar placas de circuito impresso, o que contribui para que eles se familiarizem com técnicas de construção eletrônica.

Os professores apresentam exemplos de projetos de semestres anteriores, com o principal objetivo de situar as equipes com relação ao nível de complexidade esperado. Também são abordados princípios de metodologia científica e de elaboração de textos técnico-científicos, a ferramenta LaTeX, para produção de documentos, tipos de diagramas mais utilizados em Engenharia em geral, em computação e em eletrônica. Além disso, são indicadas as seguintes referências bibliográficas, juntamente com a orientação aos estudantes para que recorram a elas também durante as demais OIs: o “Manual de Redação Técnica e Científica” (SOARES, 2011) e o livro *Practical Electronics for Inventors* (SCHERZ; MONK, 2016).

Os itens a serem entregues pelos alunos, aqui denominados de entregáveis, que compõem a

2 Arduino: www.arduino.cc

nota final da disciplina, são: proposta de projeto; acompanhamento do cronograma em três momentos do semestre, denominados de *marcos*; relatório final; um vídeo curto (três minutos) com a demonstração do projeto e os dados técnicos; defesa. As propostas de projeto devem ser elaboradas em LaTeX, em formato livre, com a seguinte estrutura sugerida: breve descrição do projeto, incluindo uma figura/diagrama com sua visão geral; diagrama de Gantt com o cronograma; lista de componentes (hardware) e de ferramentas de software a serem utilizadas. O relatório final também deve ser elaborado em LaTeX e adotar o modelo para trabalhos acadêmicos da instituição, com a seguinte estrutura sugerida: introdução; hardware; software; resultados; custos; conclusões – contendo, no máximo, 20 páginas.

4.3 Oficina de Integração 2

A disciplina OI2 é ministrada no sexto semestre. As equipes são de, preferencialmente, quatro membros, podendo, no entanto, haver equipes com apenas três integrantes. Exige-se que os projetos envolvam um sistema microcontrolado e apresente especificações mais avançadas que aquelas observadas nos de OI1. O Raspberry Pi³, em suas diferentes versões, o *evaluation kit* baseado em ARM da Texas Instruments, modelo EK-TM4C1294XL (TEXAS INSTRUMENTS, 2020) –

3 Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org>

também utilizado, concomitantemente, na disciplina Sistemas Microcontrolados – e *shields* para interface com sensores e atuadores constam como as plataformas mais utilizadas pelos estudantes. Ainda com relação aos recursos tecnológicos, destaca-se a utilização de tecnologia cliente-servidor com interface web para projetos de automação, ou seja, interage-se com o mundo real por meio de sensores/atuadores, a partir de um servidor web. Além de metodologia científica e elaboração de textos técnico-científicos, são abordados também: o método *Design Thinking* (CAVALCANTI; FILATRO, 2017) para a solução de problemas; gerenciamento de projetos utilizando PMBOK (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017); gerenciamento de projetos utilizando o método *Project Model Canvas* (FINOCCHIO JÚNIOR, 2013); a ferramenta OpenProj para gerenciamento de projetos; métodos de análise de riscos (GASNIER, 2000); além de outras metodologias contempladas nas disciplinas de Análise e Projeto de Sistemas e de Engenharia de Software.

Os entregáveis, que compõem a nota final da disciplina, são: proposta de projeto; *blog WordPress* relatando o andamento do projeto e os resultados finais; defesa. As propostas de projeto devem contemplar: declaração do escopo em alto nível – o que o projeto faz e o que não faz; integração – quais conhecimentos de quais disciplinas serão necessários para seu desenvolvimento; análise de riscos; cronograma de execução; e estimativa de custos.

4.4 Oficina de Integração 3

A disciplina OI3 é ministrada no oitavo semestre. As equipes são de, preferencialmente, quatro integrantes ou mais, devendo haver um gerente de equipe eleito pelos seus membros. Em semestres recentes (2019.1 e 2019.2), parte das apresentações e as discussões em aula foram realizadas utilizando a língua inglesa, como uma forma de exercitar a capacidade de comunicação nessa língua, identificada por diversos estudantes como importante em seus estágios e atividades de intercâmbio. Engenheiros atuantes no mercado, em empresas nacionais e multinacionais, foram convidados para apresentar suas experiências de trabalho com equipes, inclusive multiculturais. Exige-se que os projetos apresentem especificações mais avançadas que as nos de OI2. O Raspberry Pi, em suas diferentes versões, e o *evaluation kit* baseado na família de microcontroladores ARM da Texas Instruments, modelo EK-TM4C1294XL, e *shields* para interface com sensores e atuadores constam como as plataformas mais utilizadas pelos estudantes.

Os entregáveis, que compõem a nota final da disciplina, são: proposta de projeto na forma de um *Project Charter*; um *blog WordPress*, que deve ser atualizado semanalmente, demonstrando a evolução do projeto; acompanhamento do cronograma em três momentos do semestre; relatório final; um vídeo de três minutos com roteiro e edição de boa qualidade, contendo a demonstração do projeto e os dados técnicos; e defesa do projeto. No *blog* devem constar, pelo menos: objetivo

do projeto; visão geral; requisitos funcionais e não funcionais; análise de riscos; cronograma; previsão de horas de trabalho para cada membro considerando todo o projeto e as horas efetivamente trabalhadas ao final; detalhes técnicos a respeito dos sistemas de hardware e software; dificuldades/problemas encontrados e as soluções adotadas; custos; e perfil da equipe – capacidades técnicas e pessoais dos membros relevantes para o desenvolvimento do projeto –, com as funções e responsabilidades de cada membro dentro do projeto. Os objetivos do *blog* são o envolvimento mais efetivo dos alunos com os aspectos gerenciais do projeto, além de proporcionar a elaboração da documentação do projeto de maneira mais ágil se comparada à elaboração de um relatório extenso ao final do processo. Assim, esse recurso da manutenção de um *blog* permite que se requisite aos estudantes um relatório final compacto (máximo de 15 páginas), elaborado a partir de um modelo LaTeX fornecido pelos professores, criado especificamente para a disciplina (UTFPR, 2020c). Ademais, autoavaliações da equipe em quatro momentos, realizadas juntamente aos acompanhamentos do cronograma e defesa final, integram a avaliação da disciplina. Nas autoavaliações, cada aluno atribui notas de 1 a 10 para cada um dos membros da equipe, incluindo ele próprio. Ainda, após a defesa, o aluno preenche um formulário de autoavaliação individual com 18 itens (UTFPR, 2020d), aos quais atribui valores em cinco níveis, segundo a escala de Likert (NEMOTO; BEGLAR, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No segundo semestre de 2019, os 29 estudantes que cursaram OI1 e os treze que cursaram OI3 responderam, anonimamente, ao final do semestre, um conjunto de questões abertas solicitadas pelos professores. O objetivo foi colher as impressões gerais dos estudantes a respeito das disciplinas. A questão mais abrangente, que, portanto, permitia respostas mais espontâneas e que registrou a maior interação dos alunos com o questionário foi “Como você avalia a disciplina?”. Pode-se considerar que as respostas indicam que as OIs estão alinhadas com a promoção das competências pretendidas nos estudantes, as quais envolvem, por exemplo, trabalho em grupo, gerenciamento de projetos, autonomia e comunicação. No Quadro 2, são transcritos alguns fragmentos das respostas dos estudantes de OI1; no Quadro 3, alguns fragmentos das respostas dos estudantes de OI3.

Foi solicitado às quatro turmas de OI3, no intervalo do primeiro semestre de 2015 até o segundo semestre de 2016, totalizando 59 estudantes, o preenchimento de um questionário anônimo com oito questões fechadas a respeito de aspectos importantes da disciplina, incluindo a metodologia, o desafio e quanto a disciplina contribuiu para seu aprimoramento em diferentes dimensões. As questões estão listadas no Quadro 4, e as respostas correspondentes podem ser vistas no gráfico da Figura 4. Pode-se afirmar que a percepção dos estudantes foi

bastante positiva. No mínimo, 80% das respostas a todas as oito questões foram Excelente ou Muito bom.

Quadro 2 – Exemplos de respostas de estudantes de OI1 do segundo semestre de 2019, para a questão aberta “Como você avalia a disciplina?”

“[...] trabalhar em equipe e a desenvolver autonomia”	“[...] mão na massa para realizar o projeto”	“[...] os marcos foram fundamentais”	“[...] trabalhar em grupo e com projetos reais”
“[...] a disciplina é ótima para desenvolver conceitos de gerenciamento de projeto”	“[...] ao terminar o projeto, aumenta a nossa noção de integração e de que somos capazes”	“[...] aprender coisas novas e ir atrás de mais conhecimento para resolver os problemas”	“[...] liberdade de pesquisa e aprimoramento, o que é incomum nas outras disciplinas”
“[...] aprender coisas que não pareciam importantes, como documentação e planejamento”	“[...] aprendizado de trabalho em grupo e de desenvolvimento de projeto”	“[...] o desenvolvimento de um senso de responsabilidade nos alunos”	“[...] nos dar autonomia e fazer a gente buscar as coisas sozinhos”
“[...] força os alunos a serem criativos na proposta de projeto e a trabalhar de forma significativamente independente, desenvolvendo habilidades no planejamento, administração, estudo e execução do projeto”	“[...] interessante para ter uma iniciação no planejamento e desenvolvimento de projetos, na questão de trabalhar em equipe, dividir tarefas e manter o desenvolvimento praticamente constante por conta dos marcos”	“[...] pontos fortes são os tutoriais de escrita, exemplos de projetos passados, organização do planejamento e descrição especificada e detalhada do que se espera do aluno (métricas de avaliação bem definidas)”	“[...] muito importante para a formação profissional de um engenheiro, pois mostra a realidade de um desenvolvedor de projetos”

Fonte: elaboração própria

Quadro 3 – Exemplos de respostas de estudantes de OI3 do segundo semestre de 2019, para a questão aberta “Como você avalia a disciplina?”

“[...] disciplina boa, é a oportunidade do aluno aprender a trabalhar em um projeto complexo e como utilizar seu conhecimento nele”	“[...] integração dos conhecimentos e ganhos no curso funcionou de forma excepcional”	“[...] boa disciplina, onde se consegue aplicar todos os conhecimentos aprendidos ao longo do curso”	“[...] importante no curso, pois é a única que dá a experiência em projetos grandes”
“[...] muito boa, pois dá aos alunos a oportunidade de aprender a trabalhar em projetos da vida real, a buscar os conhecimentos necessários e resolver problemas. Também é boa por integrar os conhecimentos já adquiridos ao longo do curso”	“[...] foi bastante demandante, mas foi divertida e possibilitou um grande crescimento pessoal, tanto no quesito habilidades desenvolvidas e conhecimento adquirido quanto no de relacionamentos com outras pessoas e apresentações”	“[...] cumpre o que é prometido, que é integrar os conhecimentos do curso, e traz a experiência de fazer um planejamento e um cronograma para trabalhar em equipe”	“[...] muito boa, permitiu a oportunidade de aplicar na prática diversos conhecimentos obtidos ao longo de todo o curso, desde o primeiro período, além de incentivar a busca de novos conhecimentos”

Fonte: elaboração própria

Quadro 4 – Questões aplicadas aos 59 estudantes de OI3 das quatro turmas de 2015 e 2016

Q	Aspecto	Enunciado
1	Metodologia	Como é o acompanhamento gerencial dos professores da disciplina?
2		A dinâmica da disciplina contribui para ocorrer colaboração entre os membros da equipe?
3	Desafio	Como é o nível de exigência técnica dos projetos?
4		Como é o nível de exigência gerencial dos projetos?
5		Quanto ao desafio, em que patamar se encontra a disciplina?

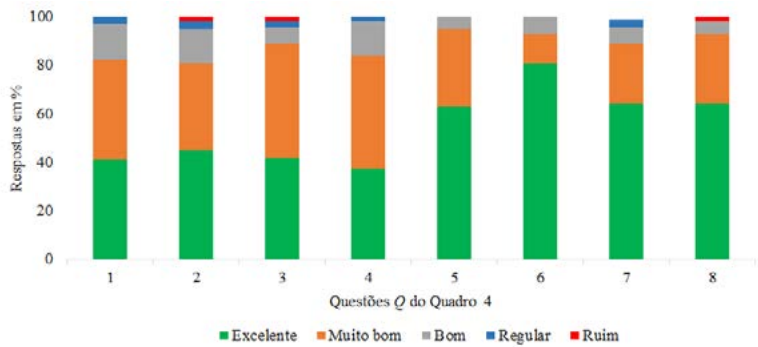
Continua

Conclusão

Q	Aspecto	Enunciado
6	Contribuição	Quanto ao aprimoramento como graduando de engenharia, como classificar a disciplina?
7		Quanto ao aprimoramento técnico, como classificar a disciplina?
8		Quanto ao aprimoramento pessoal, como classificar a disciplina?

Fonte: elaboração própria

Figura 4 – Respostas dos 59 estudantes de OI3 das quatro turmas de 2015 e 2016 para as questões Q do Quadro 4. As respostas foram sumarizadas em porcentagem



Fonte: elaboração própria

Uma comparação entre as horas previstas pelas equipes para a realização dos projetos e as horas efetivamente empregadas é interessante para a visualização da carga de trabalho requerida das equipes para a conclusão dos projetos de OI3. Os professores orientam os estudantes a prever uma margem de 30% a mais de carga horária para a resolução de eventuais

problemas. Essas horas não são incluídas nas horas previstas inicialmente, mas sim na análise de riscos apresentada na proposta de projeto. Na Tabela 1, é apresentada uma comparação entre as horas previstas e as horas utilizadas para os cinco projetos desenvolvidos na turma de OI3 do segundo semestre de 2018. Conforme mencionado na subseção 4.1 – Aspectos comuns das metodologias das Oficinas de Integração –, a complexidade dos projetos costuma apresentar diferenças relevantes, o que se reflete nas diferentes cargas de trabalho demandadas.

Tabela 1 – Comparação entre horas previstas e horas utilizadas para a conclusão dos projetos das cinco equipes da turma de OI3 do segundo semestre de 2018

Projeto	Alunos	Horas previstas	Horas utilizadas	Margem	Horas/ aluno
Help!: monitoramento remoto para pessoas idosas ou enfermas com detecção de queda e frequência cardíaca. Blog: https://theprojecthelp.wordpress.com/	3	443	541	0,22	180
Tesseract: player de áudio integrado ao Spotify com interface por movimentos. Blog: https://projototesseract.wordpress.com	4	351	434	0,23	109
“Robçom: preparador de drinks e robô para transporte do copo em um balcão até o cliente. Blog: https://roborobcom.wordpress.com ”	5	384	483	0,26	97

Continua

Conclusão

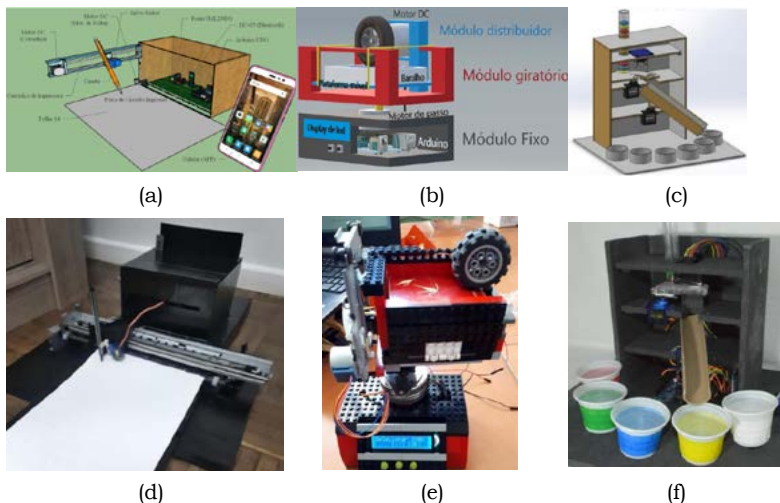
Projeto	Alunos	Horas previstas	Horas utilizadas	Margem	Horas/aluno
WildRadio: monitoramento remoto de animais silvestres por imagem com transmissão na faixa de FM. Blog: https://wildradio3.wordpress.com	5	652	689	0,06	138
Baby-8: robô inspirado no BB-8 do filme Star Wars controlado por celular. Blog: https://babyoito.wordpress.com/	5	538	1032	0,92	207

Fonte: elaboração própria

A Figura 5 ilustra os *mockups* dos protótipos desenvolvidos (a-c) e suas fotos (d-f), correspondentes aos projetos realizados em 2019 na disciplina de OI1. Esses exemplos utilizam Arduino, *shields* ou circuitos discretos para a interface com motores, sensores, *display* LCD, botões ou para a comunicação usando a interface *Bluetooth*. No projeto da Figura 5a e Figura 5d, mensagens digitadas no celular são enviadas por *Bluetooth* e escritas com caneta e papel em código Morse, com uma estrutura desenvolvida em papelão. O projeto da Figura 5b e Figura 5e distribui cartas para o tipo de jogo escolhido na interface de botões e LCD, com a estrutura desenvolvida em blocos LEGO. No projeto da Figura 5c e Figura 5f, discos de chocolate M&M's são depositados em um tubo e separados por cores com a estrutura do protótipo em MDF⁴.

4 Mais detalhes a respeito desses e outros projetos de OI1 estão disponíveis no repositório em UTFPR (2020a), no qual encontram-se as propostas de projeto, relatórios, slides e *links* para os vídeos.

Figura 5 – Exemplos de projetos desenvolvidos em OI1 em 2019. Em (a)-(c), as ilustrações dos *mockups* em 3D dos protótipos; em (d)-(f), as fotos dos protótipos desenvolvidos

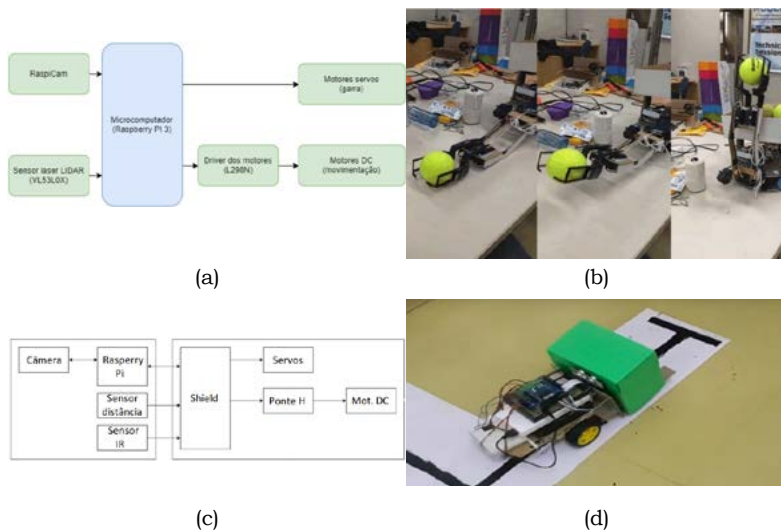


Fonte: UTFPR (2020a)

A Figura 6 ilustra os diagramas de blocos e fotos dos respectivos protótipos finais de projetos realizados em 2019 na disciplina de OI2. Estes exemplos utilizam Arduino, *shields* ou circuitos discretos para a interface com motores, sensores (incluindo de imagem), botões ou para comunicação *Bluetooth*. Na Figura 6a e na Figura 6b, observa-se o projeto de um robô para coleta de bolas de tênis; na Figura 6c e na Figura 6d, um robô para transporte de caixas no auxílio ao controle de estoque⁵.

⁵ Mais detalhes a respeito desses e outros projetos de OI2 estão disponíveis no repositório em UTFPR (2020b). Os projetos realizados em edições anteriores de OI2 estão disponíveis em UTFPR (2020d).

Figura 6 – Exemplos de projetos desenvolvidos em OI2 em 2019. (a) e (b) ilustram o digrama de bloco e foto do projeto de um manipulador robótico, respectivamente; (c) e (d) ilustram o digrama de bloco e foto do projeto de um robô móvel seguidor de linha, respectivamente



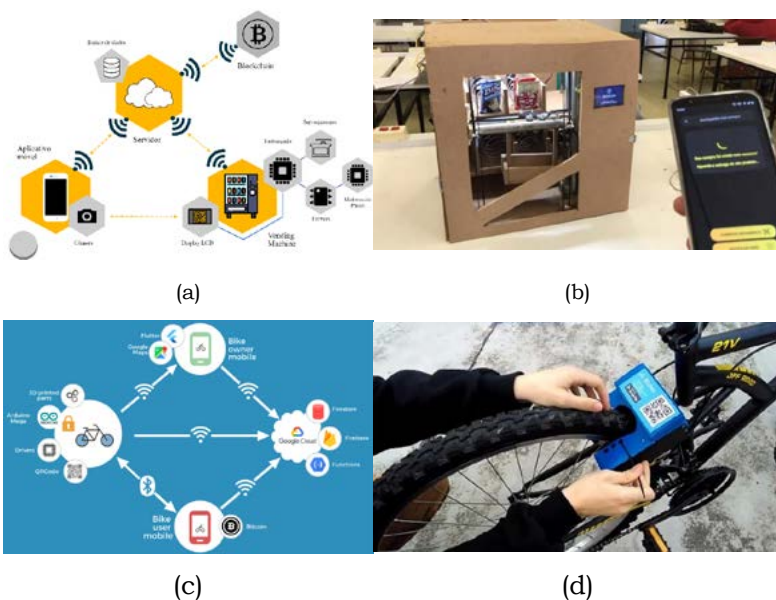
Fonte: UTFPR (2020b)

A Figura 7 ilustra os diagramas de blocos e fotos dos respectivos protótipos finais de projetos realizados em 2019 na disciplina de OI3. Esses exemplos utilizam Arduino, Raspberry Pi, *shields* ou circuitos discretos para a interface com motores e vários tipos de sensores e/ou comunicação *Bluetooth*, além de diferentes tecnologias para o desenvolvimento de aplicações Web. Na Figura 7a e na Figura 7b, estão ilustrados os resultados do projeto Bitbox⁶, que é uma máquina de

⁶ Projeto Bitbox: <https://thebitboxproject.wordpress.com/>

vendas de produtos com transação financeira em *bitcoin*, com sua estrutura construída em MDF. Na Figura 7c e na Figura 7d, estão ilustrados os resultados do projeto Bluber⁷, que permite o aluguel de bicicletas pessoais, e sua estrutura construída a partir de impressão 3D⁸.

Figura 7 –Exemplos de projetos desenvolvidos em OI3 em 2019. (a) e (b) ilustram o projeto Bitbox; (c) e (d) ilustram o projeto Bluber



Fonte: UTFPR (2020e)

7 Projeto Bluber: <https://projectbluber.wordpress.com/>

8 Mais detalhes a respeito desses e outros projetos de OI3 estão disponíveis no repositório em UTFPR (2020e), no qual encontram-se os links para os blogs, vídeos, e relatórios.

Desde sua implantação, em todas as três OIs, os professores procuram, em conjunto com os estudantes, especificar projetos que possuam os seguintes requisitos: (i) adequados ao nível de conhecimento atual dos estudantes do 3º, 6º e 8º períodos; (ii) que apresentem factibilidade, isto é, que sejam possível de serem desenvolvidos no prazo de um semestre letivo (contendo 10 semanas de efetivo desenvolvimento). Sempre foi permitido que as ideias dos projetos fossem propostas pelos alunos, pois observou-se que, quando eles propõem o projeto, a motivação é maior, gerando o engajamento. Diversos projetos desenvolvidos nas OIs, principalmente em OI3, foram expandidos e se tornaram Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), o que também é uma indicação do comprometimento com o qual os estudantes encaram a disciplina de OI3, bem como da própria qualidade dos projetos.

É possível afirmar que as OIs promovem as competências apresentadas na seção 2.3, buscando uma formação abrangente, voltada à futura atuação profissional. As OIs atuam no fortalecimento das competências técnicas, por meio da utilização dos conhecimentos adquiridos nas diversas disciplinas apresentadas no Quadro 1, e também nas competências “não técnicas”. Integram essas competências, por exemplo: capacidade de se expressar corretamente; adquirir e aplicar conhecimentos sobre metodologia científica; expressar ideias e conceitos de Engenharia a partir da utilização de gráficos, diagramas, tabelas e imagens. A apresentação constante dos andamentos dos

projetos perante o professor (e a turma), tanto durante o andamento da disciplina (entregáveis parciais) quanto ao final (banca de apresentação final), colaboram para o desenvolvimento de versatilidade e habilidade efetivas de comunicação escrita e verbal e auto-organização. Além disso, por se tratarem de projetos em equipe, desenvolve-se a comunicação interpessoal, a capacidade de gerenciamento de conflitos e de gestão de um projeto. Especificamente em OI2 e OI3 – com maior ênfase em OI3, em que equipes maiores e projetos de maior dificuldade técnica ensinam a necessidade de maior organização e sinergia –, estimula-se a compreensão e a aplicação das boas práticas no desenvolvimento de projetos, por meio da especificação e do acompanhamento de cronogramas, da análises de riscos e das habilidades de gestão de pessoas (NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2005). Em OI3, as palestras de profissionais convidados, já formados e que trabalham em empresas multinacionais, nas quais relataram, em inglês, como é o trabalho no mundo real, tiveram uma repercussão muito positiva entre os alunos. Os profissionais convidados trabalham como parte de um time com membros em várias partes do mundo, que têm que interagir em inglês e se adequar dinamicamente às demandas de um projeto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As disciplinas de Oficinas de Integração 1, 2 e 3, instituídas no curso de Engenharia de Computação

da UTFPR Curitiba, utilizam a aprendizagem ativa por meio da prática de ensino PjBL em nível de grupo, com disciplinas separadas, dedicadas exclusivamente ao desenvolvimento de um projeto de Engenharia, como ilustrado na Figura 3. Percebe-se, pelas avaliações realizadas pelos estudantes, indicadas nos Quadros 2, 3 e 4 e na Figura 4, que as disciplinas realmente contribuem na contextualização dos conteúdos das demais disciplinas apresentadas no curso como um todo, gerando um engajamento no processo de ensino-aprendizagem deste. A realização de projetos contextualizados, propostos pelos próprios estudantes e ajustados pelos professores aos requisitos de tempo disponível e de factibilidade perante o nível de conhecimento atual dos estudantes, permite uma motivação maior do que se os projetos fossem especificados apenas pelos professores.

Com relação às competências promovidas aos estudantes, observa-se o alinhamento com aquelas tradicionalmente desejadas ao adotar-se a PjBL. A metodologia e a presença de três disciplinas de OI no curso permitem, entre outros, o aprimoramento dos estudantes nos seguintes aspectos: (i) especificar os requisitos de um projeto e suas características técnicas; (ii) planejar ações e caminhos, com foco no cronograma e nas exigências do projeto; (iii) gerenciar projetos, observando prazos e metas intermediárias para que, ao final, estes sejam concluídos com êxito; (iv) ser autônomo, isto é, assumir-se como ator principal do processo, sendo responsável também por buscar conteúdos complementares, necessários para a

realização do projeto; (v) trabalhar em grupo, levando em consideração a importância da comunicação e do gerenciamento de conflitos com os demais membros da equipe; (vi) documentar um projeto aplicando princípios de redação técnico-científica e recursos de comunicação gráfica no contexto de Engenharia, o que envolve diagramas, gráficos, desenhos técnicos, entre outros; (vii) gerenciar o tempo, organizando as atividades do projeto concomitantemente com atividades de outras disciplinas e outros afazeres, uma vez que as OIs (especialmente OI3) requerem uma carga de trabalho considerável também fora de sala de aula.

A motivação e o engajamento nos projetos realizados nas OIs difundem-se por toda a vida acadêmica dos estudantes, pois estes observam a aplicabilidade e importância dos conteúdos técnicos apresentados em todas as outras disciplinas, visualizando a aplicação futura destes em sua prática profissional. Dessa forma, os projetos desenvolvidos nas OIs contribuem para um amadurecimento do comportamento dos alunos, que passam a ter um papel mais ativo na construção de seu conhecimento, não só nas disciplinas específicas de Oficinas de Integração, mas no curso como um todo.

REFERÊNCIAS

ABENGE. Associação Brasileira de Educação em Engenharia. Comissão de Diretrizes da ABENGE. **Inovação na educação em Engenharia:** proposta de

diretrizes para o curso de Engenharia. Brasília, DF: ABENGE, 2018.

BARKLEY, E. F. **Student engagement techniques: a handbook for college faculty**. San Francisco: Wiley, 2009.

CAVALCANTI, C. C.; FILATRO, A. C.; **Design Thinking: na Educação presencial, à distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva, 2017.

CHRISTIE, M.; GRAAFF, E. The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education. **European Journal of Engineering Education**, v. 42, n. 1, p. 5-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1254160>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03043797.2016.1254160>. Acesso em: jan. 2021.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Parecer CNE/CES nº 1/2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: CNE, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/marco-2019-pdf/109871-pces001-19-1/file>. Acesso em: jan. 2020.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Destaque de inovação: recomendações para o**

fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil. Brasília, DF: CNI, 2018.

DUCH, B. J.; GROH, S. E.; ALLEN, D. E. Why problem-based learning? *In*: DUCH, B. J.; GROH, S. E.; ALLEN, D. E. (org.). **The power of problem-based learning**: a practical “how to” for teaching undergraduate courses in any discipline. Sterling: Stylus, 2001. p. 3-11.

ELMÔR FILHO, G. *et al.* **Uma nova sala de aula é possível**: aprendizagem ativa na educação em Engenharia. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ENEMARK, S; KJAERSDAM F. A APB na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. *In*: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (org.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009. p. 17-41.

FINOCCHIO JÚNIOR, J. **Project model Canvas**: gerenciamento de projeto sem burocracia. São Paulo: Elsevier, 2013.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in Science, Engineering, and Mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/111/23/8410>. Acesso em: jan. 2021.

GASNIER, D. G. **Guia prático para gerenciamento de projetos**. São Paulo: IMAM, 2000.

GRAHAM, R. **The global state of the art in Engineering Education**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2018.

LIMA, R. M.; ANDERSSON, P. H.; SAALMAN, E. Active Learning in Engineering Education: a (re)introduction. **European Journal of Engineering Education**, v. 42, n. 1, p. 1-4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1254161>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03043797.2016.1254161>. Acesso em: jan. 2021.

LOPES, R. D. *et al.* Iniciativas inovadoras em disciplinas de introdução à Engenharia. In: TONINI, A. M.; PEREIRA, T. R. D. S. (org.). **Desafios da educação em Engenharia: inovação e sustentabilidade, aprendizagem ativa e mulheres na Engenharia**. Brasília, DF: ABENGE, p. 10-73, 2018. cap. I.

MASSON, T. J. *et al.* Metodologia de ensino: Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 40., 2012, Belém. **Anais [...]**. Belém: ABENGE, 2012.

MILLS, J. A case study of project-based learning in structural Engineering. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE

& EXPOSITION, 2002, Montreal. **Proceedings** [...]. Montreal: AASE, 2002. p. 7.15.1- 7.15.18. Disponível em: <https://peer.asee.org/a-case-study-of-project-based-learning-in-structural-engineering>. Acesso em: jan. 2021.

MOESBY, E. Perspectiva geral da introdução e implementação de um novo modelo educacional focado na Aprendizagem Baseada em Projetos e Problemas. *In*: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (org.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009. p. 43-78.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Educating the Engineer of 2020**: vision of Engineering in the new century. Washington: The National Academies, 2005.

NEMOTO, T.; BEGLAR, D. Developing Likert-Scale questionnaires. *In*: JAPAN ASSOCIATION FOR LANGUAGE TEACHING CONFERENCE (JALT2013), 39., 2013, Tokyo. **Proceedings** [...]. Tokyo: JALT, 2013. p. 1-8. Disponível em: <https://jalt-publications.org/proceedings/articles/3972-selected-paper-developing-likert-scale-questionnaires>. Acesso em: mai. 2021.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 6. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2017.

SCHERZ, P.; MONK, S. **Practical electronics for inventors**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

SOARES, M. C. S. **Manual de redação técnica e científica**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3AUPKP8>. Acesso em: fev. 2020.

TEXAS INSTRUMENTS. **EK-TM4C1294XL** ARM Cortex-M4F-Based MCU TM4C1294 Connected LaunchPad Evaluation Kit EK-TM4C1294XL. 2020. Disponível em: <http://www.ti.com/tool/EK-TM4C1294XL>. Acesso em: fev. 2020.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN. Departamento Acadêmico de Informática – DAINF. **Oficina de Integração 1**: projetos. Curitiba: UTFPR, 2020a. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/gustavobborba/material/eex21-s71-s72-projetos/oficina-de-integracao-1-projetos>. Acesso em: mai. 2021.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN. Departamento Acadêmico de Informática – DAINF. **Disciplina de Oficina de Integração 2**. Curitiba: UTFPR, 2020b. Disponível em: <http://silverio.net.br/heitor/disciplinas/oficina2/>. Acesso em: mai. 2021.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN.
Departamento Acadêmico de Informática – DAINF.

Modelo e instruções para a elaboração dos relatórios técnicos da disciplina EEX23. Curitiba: UTFPR, 2020c. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/gustavobborba/material/files/EEX23_Modelo_RelatTecnicoLaTeX.pdf. Acesso em: mai. 2021.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN.
Departamento Acadêmico de Informática – DAINF. **Ficha de auto-avaliação global.** Curitiba: UTFPR, 2020d. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/gustavobborba/material/files/EEX23_FichaAvaliacao_AutoGlobal.pdf. Acesso em: mai. 2021.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN.
Departamento Acadêmico de Informática – DAINF. **Oficina de Integração 3: projetos.** Curitiba: UTFPR, 2020e. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/gustavobborba/material/if66j-s71-projetos>. Acesso em: mai. 2021.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Projeto Pedagógico do curso de Engenharia de Computação: Dezembro de 2016. Atualização aprovada pela Resolução COEPP n. 13/2017 de 23/02/2017. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do

Paraná, 2017. Disponível em: https://engcomp.dainf.ct.utfpr.edu.br/downloads/PPC_EngComp_UTFPR_Curitiba_2017.pdf. Acesso em: mai. 2021.

WOLFF, M. *et al.* Not another boring lecture: engaging learners with active learning techniques. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 48, n. 1, p. 85-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2014.09.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736467914009305>. Acesso em: jan. 2021.

Capítulo 6

APLICAÇÃO DA PjBL NO DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Erika Tiemi Anabuki
Luis Claudio Gambôa Lopes
Sâmia Melo Rogel

1 INTRODUÇÃO

Segundo Jacobi (2003), o conceito de sustentabilidade relaciona a qualidade de vida, o equilíbrio ambiental e a ruptura com alguns padrões estabelecidos pela

sociedade. Contudo, com o desenvolvimento industrial e econômico da sociedade moderna, estudos na área socioambiental vêm demonstrando que o meio ambiente tem sofrido cada vez mais com as ações do sistema capitalista, que, majoritariamente, busca o lucro acima do bem-estar ambiental e social (FONSECA, 2012; LISBOA, 2013). Associado a essa questão e aos padrões de consumo da população, reforça-se que o meio ambiente tem sofrido cada vez mais com as ações humanas. A reversão desse quadro, então, inicia-se com a conscientização da população quanto às questões do meio ambiente, perpassando pelo conceito de sustentabilidade. Assim, para implantar a ideia de sustentabilidade na sociedade, deve-se vinculá-la às práticas do dia a dia, além de envolvê-la na Educação e nas questões de meio ambiente.

A partir da sustentabilidade, o presente capítulo tem como intuito enaltecer a importância da reciclagem e reconhecer a relevância de tratar a sustentabilidade nos meios acadêmicos, por meio da descrição da implementação de um projeto de uma esteira seletora de materiais recicláveis no contexto do curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET- MG) – *Campus Leopoldina*. Nesse sentido, o trabalho tem como objetivo específico relatar o desenvolvimento e a implementação de uma esteira didática seletora de materiais de baixo custo na referida instituição, no contexto de uma PjBL – do inglês, *Project-Based Learning*, ou Aprendizagem Baseada em Projetos (RHEM, 1998; RIBEIRO, 2008) –,

na qual foi possível distinguir materiais metálicos de não metálicos e, na sequência, diferenciar, entre os não metálicos, materiais de plástico, vidro e papel.

Além disso, no âmbito do projeto, um aplicativo de celular foi desenvolvido para monitorar, de forma automática, quanto e quais os tipos de materiais transportados na esteira e em quanto de crédito para o usuário estes serão convertidos. Desse modo, o objetivo é que o aplicativo seja utilizado em pontos comerciais que façam o uso de reciclagem, permitindo a troca de materiais reciclados por crédito a ser utilizado em alguma compra, a exemplo de supermercados.

O projeto que é apresentado neste capítulo buscou, portanto, envolver o tema da reciclagem e da sustentabilidade no meio acadêmico, aliando-os aos saberes e competências do currículo do curso de Engenharia de Controle e Automação, para, assim, estimular os alunos a se atentarem aos temas e projetos que se relacionam com a preservação do meio ambiente, encorajando, dessa forma, hábitos sustentáveis.

As demais seções do presente capítulo são, em sequência: contexto do desenvolvimento da PjBL, em que são tecidas as relações do projeto em sala de aula; uma breve introdução e revisão bibliográfica sobre o tema norteador do projeto, que é a reciclagem e suas aplicações na Engenharia; metodologia e materiais utilizados para o projeto, além da descrição do desenvolvimento e da aplicação dos saberes; e, por fim, os resultados do projeto e sugestões para trabalhos futuros.

2 CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DA PjBL

Considerando o contexto das disciplinas estudadas no curso de Engenharia de Controle e Automação do CEFET-MG e seus diferentes desdobramentos, aliado à importância de práticas sustentáveis relacionadas à reciclagem, pode-se afirmar que o aluno desse curso necessita desenvolver suas habilidades e competências de forma interdisciplinar, conforme definido pelo Projeto Pedagógico do Curso (PPC), e de modo a atender às novas demandas do mercado de trabalho atual, que procura um profissional resiliente e preparado para os desafios tecnológicos e culturais da sociedade moderna. Portanto, o contexto do projeto desenvolvido insere-se no desdobramento de uma PjBL interdisciplinar, composta por diferentes disciplinas ministradas durante o curso, que possibilitam a interação entre os conhecimentos adquiridos nestas e a questão da reciclagem.

A metodologia PjBL se baseia no aluno como sendo o centro da aprendizagem (aprendizagem ativa) e o professor como um guia nesse processo, no qual os projetos são utilizados para iniciar, direcionar e motivar a aprendizagem de conteúdos e o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos, no contexto de sala de aula (RHEM, 1998; SAVIN-BADEN, 2000). A conexão com o mundo do trabalho e as necessidades do mundo real é muito estreita, uma vez que os projetos desenvolvidos em sala de aula pelos alunos são baseados nos problemas reais que estes enfrentarão ao sair do ambiente

acadêmico. Segundo Monteiro *et al.* (2011, p. 2), “a Aprendizagem Baseada em Projetos estimula e favorece o trabalho em equipe, melhora a assimilação de conteúdos e aumenta a motivação para aprender”.

Nesse sentido, a PjBL fomenta um ambiente de aprendizagem no qual se tem mais atitudes altruístas que no método tradicional de ensino, além do estímulo à criação de parcerias entre estudantes e docentes por meio da prática e do desenvolvimento de habilidades comunicativas e sociais. Assim, a partir do estímulo do trabalho em grupo, é esperado que os estudantes aprendam a lidar com opiniões diversas e a construir consensos. Ademais, com a aplicação do método, há o desenvolvimento da responsabilidade com relação ao cumprimento de planos e prazos, potencializando a capacidade de estudo e trabalho autorregulado (RIBEIRO, 2008).

Pela análise do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Controle e Automação do CEFET-MG e pelo que relatam Martins (2002) e Ribeiro (2008), pode-se concluir que o método de ensino nele praticado é do tipo tradicional, por meio de aulas expositivas com o professor como centro da aprendizagem. A implantação da PjBL interdisciplinar envolvendo diferentes áreas foi a partir do modelo parcial, ou seja, o método é aplicado para o ensino de algumas disciplinas do curso de graduação (RIBEIRO, 2008; RIBEIRO, ESCRIVÃO FILHO, 2011; SALES, DEL, SALES, 2013).

Inserido nesse contexto, um protótipo de esteira seletora de materiais recicláveis foi desenvolvido, capaz de diferenciar um determinado tipo de material do outro. A produção desse protótipo envolveu, em sua parte estrutural, a área de conhecimento da mecânica, e em sua parte de controle e sensoramento, as áreas de eletrônica e programação, eixos principais do curso de Engenharia de Controle e Automação.

Didaticamente, o projeto, em sua trajetória de desenvolvimento e implementação, pôde ser utilizado em sala de aula como objeto de ensino e de pesquisa, sendo motivador e incentivador dos estudos teóricos e de suas aplicabilidades, como os das disciplinas de Sistemas Digitais, Eletrônica, Microcontroladores, Informática, entre outras. No contexto mercadológico, tem-se a possibilidade de o protótipo desenvolvido ser utilizado em setores da reciclagem, em especial nas áreas urbanas, onde materiais a serem reciclados, tal como a garrafa PET, podem gerar determinados créditos a serem convertidos em produtos, serviços e outros, estimulando, assim, ações de reciclagem. Como exemplo, pode-se adotar esse tipo de serviço em supermercados, em que tal troca corresponderia a um desconto para o cliente.

Ademais, o trabalho, além de instigar os acadêmicos envolvidos quanto a assuntos relacionados à questão ambiental, também estimulou a reciclagem no meio acadêmico, envolvendo diversos conceitos e disciplinas presentes no curso de Engenharia de Controle e Automação, uma vez que foi explorada uma ampla diversidade de competências e habilidades, de forma

interdisciplinar, conforme a metodologia PjBL. O projeto desenvolvido inseriu-se, portanto, tanto no contexto ambiental quanto no do curso de Engenharia. Logo, seu produto final pôde ser inserido em questões didáticas do curso, além de impactar de forma positiva na temática do meio ambiente.

3 RECICLAGEM: UMA BREVE INTRODUÇÃO

O resíduo sólido, popularmente conhecido como lixo, é normalmente definido na literatura como sendo produto da atividade humana e considerado, pelo gerador, como sem utilidade, descartável e/ou indesejável (OLIVEIRA, 2012). O resíduo domiciliar urbano – um dos tipos de resíduo sólido – é composto, em geral, por sobras de alimentos, embalagens, papéis e plástico, sendo produzido em domicílios, restaurantes, lojas e outros estabelecimentos comerciais. Além disso, esse tipo de resíduo sólido é composto por material orgânico e inorgânico, isto é, apresenta características heterogênicas e um difícil gerenciamento (AZAPAGIC, EMSLEY, HAMERTON, 2003; OLIVEIRA, 2012).

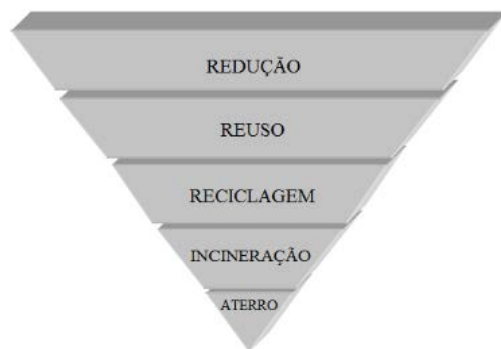
Nesse contexto, uma parte do resíduo sólido domiciliar é destinada a aterros sanitários, onde são despejados diretamente no solo, contaminando o próprio solo, o ar e o lençol freático. Já a outra parte é descartada em locais inadequados, como nas ruas e nos leitos dos rios, algumas das vezes por falta de coleta de lixo, outras por questões educacionais (OLIVEIRA,

2012). Assim, uma das grandes preocupações atuais com relação ao meio ambiente envolve a necessidade de um melhoramento no serviço de coleta pública e no tratamento do resíduo sólido domiciliar, evitando uma maior degradação ambiental e seus efeitos diretos e indiretos na saúde da população (REGO; BARRETO; KILLINGER, 2002).

Compreendendo o verdadeiro significado da reciclagem, tem-se que o processo é definido por reaproveitar um material descartado para que este seja reintroduzido no mercado. Esse processo deve ser iniciado nos domicílios, onde é preciso que haja a separação dos diferentes tipos de resíduos, para que, assim, eles possam ser destinados a uma empresa recicladora (AZAPAGIC, EMSLEY, HAMERTON, 2003; OLIVEIRA, 2012).

Segundo a hierarquia da gestão de resíduos, ou seja, o gerenciamento desde seu uso até o descarte, conforme apresentado na Figura 1, as opções adequadas de destino dos resíduos sólidos, especialmente os plásticos e os papéis, incluem, em ordem de preferência, a redução, o reuso, a reciclagem, a incineração e a disposição destes em aterros (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003).

Figura 1 – Hierarquia da gestão de resíduos em ordem decrescente de preferência



Fonte: Azapagic, Emsley e Hamerton (2003)

A opção mais desejável nessa hierarquia é a redução do uso de recursos, que também gera uma redução na geração de resíduos. Essa redução pode ser entendida como a diminuição do uso/consumo de resíduos sólidos pelo consumidor ou como a redução na quantidade de materiais utilizados na indústria para a fabricação de seus produtos que geram lixo, a exemplo de embalagens descartáveis. O reuso de materiais, especialmente o vidro e o plástico, é uma prática facilitada, que decorre de seu tipo, durabilidade e resistência de sua composição. Eventualmente, após diversos ciclos de uso, os materiais começam a degradar-se e já não são úteis, devendo ser reprocessados. Chega-se, então, à terceira opção na pirâmide de hierarquia da gestão de resíduos: a reciclagem (AZAPAGIC; EMSLEY; HAMERTON, 2003). Com o crescimento das exigências ambientais, a

reciclagem tem sido apontada, de forma crescente, como a opção de destinação a ser utilizada no pós-consumo, assim como a incineração. O aterro representa a última alternativa desejável.

No Brasil, o processo de reciclagem ainda é pouco difundido, apesar de gerar economia de energia, diminuição dos recursos explorados e muitas outras vantagens à sociedade, à economia e ao ambiente (CHAVES, BATALLA, 2006; FONSECA, 2012; MACHADO *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2012). Dessa forma, ao abordar o tema da sustentabilidade, particularmente da reciclagem, percebe-se que este relaciona uma ampla diversidade de subtemas, tais como o equilíbrio ambiental, a qualidade de vida e a ruptura com os padrões de consumo e de produção de bens atuais (JACOBI, 2003). Portanto, considerando sua amplitude, em especial quando inserida no meio acadêmico, é primordial que a reciclagem seja cada vez mais discutida e difundida, a fim de despertar e motivar novos hábitos e questionamentos.

4 METODOLOGIA E MATERIAIS

Como contextualizado na seção 1, este capítulo tem como objetivo relatar a implementação de um projeto de esteira didática seletora de materiais recicláveis por meio de uma plataforma microcontrolada e de motores para sua movimentação. Este projeto foi desenvolvido no âmbito da metodologia PjBL, aplicada

em sala de aula, de modo interdisciplinar, envolvendo as disciplinas de Sistemas Digitais, Microprocessadores e Informática do curso de Engenharia de Controle e Automação do CEFET-MG – *Campus Leopoldina*. As referidas disciplinas foram escolhidas para a aplicação do método pela disponibilidade dos seus professores em trabalhar de forma inovadora em sala de aula e pelo fato de estas abordarem aspectos relacionados à temática em questão.

A esteira desenvolvida é composta por dois módulos rolantes, que distinguem, mediante a atuação de sensores, materiais metálicos de não metálicos. Assim, o sistema é capaz de fazer a distinção e separação de materiais recicláveis do tipo metálico – por exemplo, latas de alumínio – e também do tipo não metálico – como plásticos, vidros e papéis.

Para atingir o objetivo proposto, o projeto compreendeu quatro etapas metodológicas: revisão bibliográfica do tema e seleção dos materiais; montagem das esteiras em MDF; posicionamento e programação dos dispositivos eletroeletrônicos; e desenvolvimento do aplicativo de celular. A seguir, serão detalhadas, resumidamente, as quatro etapas metodológicas do projeto.

4.1 Revisão bibliográfica do tema e seleção dos materiais

As principais contribuições bibliográficas para o trabalho envolvem o assunto da sustentabilidade e da

reciclagem no meio acadêmico, com desenvolvimento de soluções e dispositivos que contribuam nessa temática. O foco, portanto, foram as publicações que tratassem do tema da reciclagem e de dispositivos para seleção de materiais recicláveis no meio acadêmico (DIAS, RAMALHO, 2009; EIHARA, SILVA, SANTOS, 2014; FONSECA, 2012; GOMES *et al.*, 2006; MORELLI, 2009; PEREIRA, 2011; RODRIGUES, MEDEIROS, BITTENCOURT, 2012; SILVA, 2020; THOMAZINI, URBANO, 2011).

Os professores das disciplinas de Sistemas Digitais, Microprocessadores e Informática solicitaram que os alunos, por meio das plataformas de busca de publicações acadêmicas, trouxessem para sala de aula publicações que envolvessem o tema da reciclagem e suas aplicações no âmbito da Engenharia, com ênfase nas disciplinas citadas. Nessa etapa, os alunos foram segmentados em grupos, sendo que cada grupo selecionou uma publicação e a apresentou para os demais em formato de seminário. Esse momento foi seguido de discussões, sugestões e “tempestades de ideias” entre alunos e professores, em que ocorreram os delineamentos das próximas etapas do projeto.

Diferente do ciclo convencional de ensino, em que se aprende primeiro a solução do problema para depois conhecer o problema, no ciclo de situação-fundamentação-realização da PjBL o estudante já iniciou uma reflexão crítica sobre os problemas abordados pelo projeto, além de estar motivado para adquirir a base teórica que lhe falta para compreendê-los melhor.

A partir das leituras, da familiarização com os referenciais bibliográficos e das pesquisas sobre os materiais e componentes mais comumente utilizados, iniciou-se uma busca nos laboratórios da instituição para a aquisição desses materiais, ocorrida por meio da reutilização e adaptação de componentes de segunda mão, que estavam obsoletos. Dessa forma, não foi necessário um investimento de custo elevado na aquisição dos materiais que compõem o projeto.

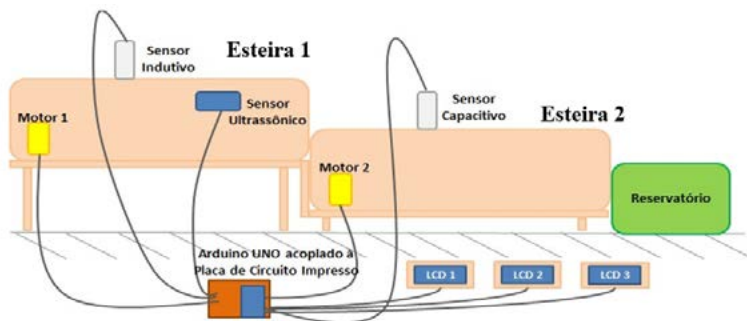
A partir da etapa inicial de familiarização com o projeto por meio da revisão bibliográfica e de discussões em sala de aula, os alunos tiveram, nas etapas seguintes – montagem da esteira, posicionamento e programação dos dispositivos eletroeletrônicos e desenvolvimento do aplicativo de celular –, que “por a mão na massa”, com utilização de ferramentas de aprendizagem, tais como softwares de simulação e hardware.

4.2 Montagem das esteiras em MDF

Nesta etapa, após a aquisição dos materiais, os alunos, com supervisão dos professores, realizaram os esboços e a montagem do protótipo da esteira seletora de materiais recicláveis. Foram utilizados os momentos das aulas das disciplinas e também horários fora delas, nos quais os professores estavam disponíveis para tirar dúvidas. Na Figura 2, ilustra-se o diagrama do projeto da esteira seletora de materiais recicláveis, com

a disposição física dos sensores e demais elementos utilizados na sua montagem.

Figura 2 – Diagrama do protótipo da esteira seletora de materiais



Fonte: elaborada pelos autores

O primeiro módulo, denominado de esteira 1, conforme disposto na Figura 2, distingue materiais metálicos de não metálicos por meio de um sensor indutivo. Na sequência, no segundo módulo, há outra esteira, denominada de esteira 2, que irá distinguir as composições dos materiais não metálicos, como plástico, vidro e papel, a partir de um sensor capacitivo. As duas esteiras utilizadas no presente projeto se classificam no tipo transportador motorizado, sendo que em ambas foram usados material em Placa de Fibra de Média Densidade (MDF) e uma faixa elástica.

4.3 Posicionamento e programação dos dispositivos eletroeletrônicos

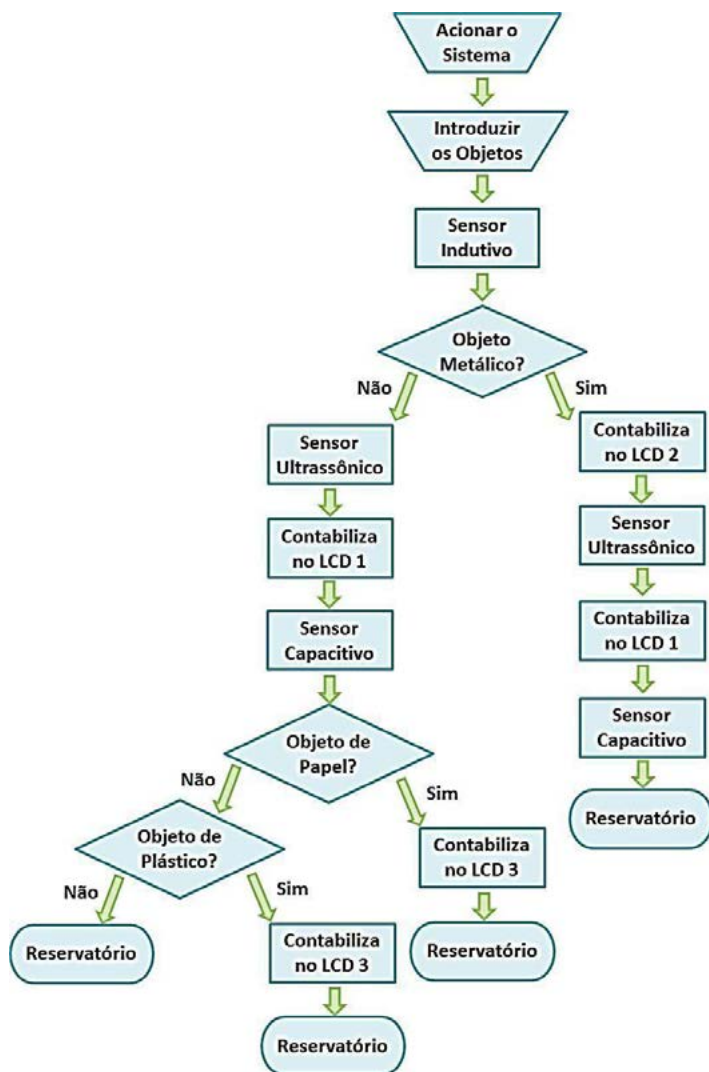
Seguindo como referência a Figura 2, os processos de detecção, separação e contagem dos materiais, a partir de sua entrada na esteira até seu depósito no reservatório, ocorrem conforme os passos de 1 a 4 listados a seguir, incluso um detalhamento dos componentes eletroeletrônicos. Esses dispositivos estão todos conectados à plataforma microcontrolada, acoplada à placa de circuito de condicionamento de sinais, que é responsável pelo controle, condicionamento e atuação dos dispositivos.

- Passo 1: o acionamento das esteiras 1 e 2 ocorre por meio de um motor de corrente contínua (CC), sendo que cada esteira possui um motor (Motor 1 e Motor 2);
- Passo 2: para a identificação dos materiais metálicos, está acoplado, na esteira 1, um sensor indutivo responsável por detectar a presença de objetos metálicos que por ela percorrerem. Também está acoplado um sensor ultrassônico responsável por detectar a presença de todos os objetos que por ela percorrerem, não somente os metálicos;
- Passo 3: para a identificação dos materiais não metálicos, está acoplado, na esteira 2, um sensor capacitivo responsável por detectar a presença de objetos não metálicos que por ela percorrerem;

- Passo 4: na etapa de contagem dos materiais, utilizou-se, no protótipo, três *displays* de cristal líquido (LCD), responsáveis por informar o número de objetos que passarem pela esteira.

Para a simplificação e o melhor entendimento do percurso do processo, na Figura 3, é ilustrado um fluxograma com todas as etapas que ocorrem para a detecção do tipo de material que passa pela esteira, a contagem, a seleção e, por fim, o monitoramento via aplicativo de celular.

Figura 3 – Fluxograma do processo de detecção, seleção e contagem dos materiais na esteira



Fonte: elaborada pelos autores

Os materiais e dispositivos eletroeletrônicos utilizados no desenvolvimento do protótipo da esteira seletora e suas principais especificações são, a partir daqui, detalhados:

- Plataforma microcontrolada: a plataforma microcontrolada utilizada no trabalho foi o Arduino Uno, devido sua disponibilidade e facilidade em programação e manuseio. Suas principais especificações são o microcontrolador Atmega 328P, com tensão operacional de 5 Vcc, possuindo 14 portas digitais, 6 portas digitais PWM e 6 portas analógicas;
- Motor de Corrente Contínua (CC): popularmente conhecido como motor CC, é responsável por transformar energia elétrica em energia mecânica. No projeto, 2 motores CC foram utilizados, encarregados de controlar a velocidade e o sentido de rotação das esteiras. Suas principais especificações são: tensão operacional entre 3 e 6 Vcc; caixa de redução 120:1; rotação de até 80 RPM (acionado em 6 Vcc);
- Sensor indutivo: é um dispositivo elétrico que detecta a aproximação de objetos sem contato direto. No âmbito do projeto, foi utilizado o sensor indutivo LJ12A3-4-Z/BX para detecção de materiais metálicos, e suas principais especificações são: tensão operacional entre 6 e 36 Vcc; corrente de saída 300 mA; saída NPN com 3 fios, sendo 2 de alimentação e 1 de sinal;

- Sensor ultrassônico: é um dispositivo elétrico capaz de detectar objetos sem contato direto. Foi utilizado o sensor ultrassônico HC-SR04 para a contagem dos materiais que percorressem a esteira 1, e algumas especificações são: tensão operacional de 5 Vcc; corrente operacional de 15 mA; distância nominal de acionamento entre 0,02 e 4 m;
- Sensor capacitivo: esse tipo de sensor detecta a aproximação de objetos metálicos e não metálicos sem contato direto. No projeto, foi desenvolvido um sensor capacitivo capaz de detectar diferentes tipos de materiais a um custo bem reduzido quando comparado a um sensor comercial. Para isso, um resistor de 10 M Ω foi utilizado, além de um pedaço retangular de material metálico e um cabo coaxial. A sensibilidade do sensor é baseada no valor da resistência utilizada; o valor do resistor de 10 M Ω permite a detecção de objetos em uma distância entre 4 e 6 polegadas, enquanto que resistores de valores superiores possuem capacidade de detecção ligeiramente maior. A foto do sensor capacitivo desenvolvido e utilizado no projeto está ilustrada na Figura 4.

Figura 4 – Sensor capacitivo desenvolvido e utilizado no projeto



Fonte: arquivo pessoal

- LCD (*Liquid Crystal Display*) com módulo I2C: 3 LCDs modelo 1602 foram utilizados no projeto, sendo que cada módulo possui tensão operacional de 5 Vcc e saída com 4 fios e 16 colunas por 2 linhas. O módulo I2C permite controlar o display LCD usando apenas 2 pinos do Arduino e, assim, não sobrecarrega os demais pinos do microcontrolador, que podem ser utilizados para conexão de outros dispositivos;
- Módulo *Bluetooth*: é responsável por estabelecer a comunicação, sem a utilização de fios, entre a plataforma microcontrolada Arduino Uno e o aplicativo do celular. No âmbito do projeto, foi utilizado o módulo *Bluetooth* modelo HC-06, com característica de funcionalidade modo escravo, tensão operacional de 5 Vcc, 2 pinos de

comunicação, Tx e Rx, responsáveis por enviar e receber os dados, respectivamente.

4.4 Desenvolvimento do aplicativo de celular

Por fim, como última etapa do projeto, foi desenvolvido um aplicativo de celular a partir do software gratuito MIT AppInventor¹, que permite criar ferramentas digitais para o sistema Android. Com o auxílio do aplicativo desenvolvido para esse projeto, pôde-se determinar a quantidade de material que foi transportada na esteira, quais os tipos e em quanto crédito, monetariamente, este será convertido para o usuário.

1 MIT App Inventor. Disponível em <https://appinventor.mit.edu/>

5 DESENVOLVIMENTO

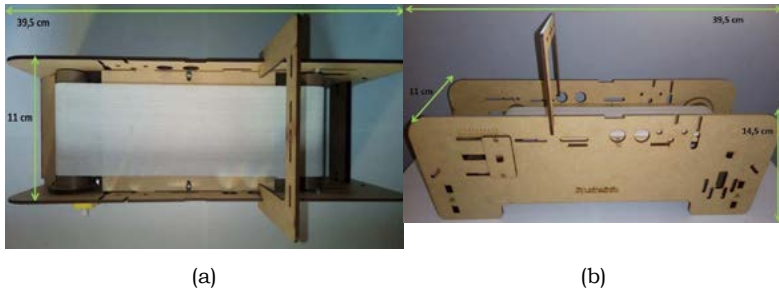
O projeto foi desenvolvido seguindo-se as quatro etapas metodológicas detalhadas na seção 4. A cada semana, durante o semestre letivo que ocorreu sua aplicação no âmbito da metodologia PjBL, nos horários disponíveis das aulas de Sistemas Digitais, Microprocessadores e Informática, os alunos e professores se encontravam, interagiam e discutiam a respeito do desenvolvimento do projeto. Os conteúdos curriculares de cada disciplina eram ministrados e alicerçados nas aplicações do projeto da esteira. As aulas práticas em laboratório utilizaram, em seu desenvolvimento, as competências de montagens, aplicações e programação dos dispositivos da esteira. Grupos de alunos revezavam na montagem, programação e controle dos dispositivos eletroeletrônicos. Após testes, elegia-se, entre os alunos, aquele projeto de montagem e programação que melhor se adaptava ao protótipo e que apresentava a melhor robustez e eficiência.

Nesta seção, as etapas de desenvolvimento do protótipo didático da esteira seletora de materiais são detalhadas, iniciando com a montagem da sua estrutura mecânica, em material MDF, e finalizando com a construção do aplicativo de celular.

A estrutura mecânica da esteira – confeccionada em material MDF, por sua facilidade de manuseio –, com suas respectivas dimensões físicas (medidas em centímetros) e fotos das vistas superior e lateral, está indicada na Figura 5. Ambos os módulos da esteira

possuem as mesmas dimensões físicas. A montagem ocorreu de forma simples e intuitiva, por meio de encaixe e uso de parafusos, além da utilização de ferramentas de corte, disponibilizadas pelo laboratório de Mecânica da instituição. A lona da esteira é de tecido sintético e está conectada à esteira por meio de roldanas.

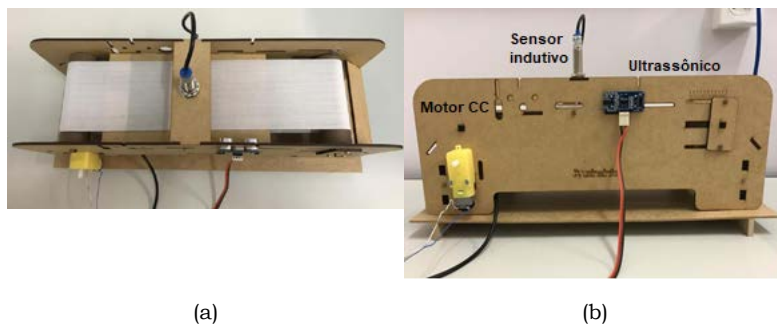
Figura 5 – Estrutura mecânica da esteira. (a) Vista superior; (b) Vista lateral



Fonte: arquivo pessoal

Na Figura 6, são ilustradas fotos das vistas superior e lateral da estrutura mecânica da esteira 1, com seus dispositivos eletrônicos, detalhados na subseção 4.3, compostos pelo motor CC, sensor indutivo e sensor ultrassônico.

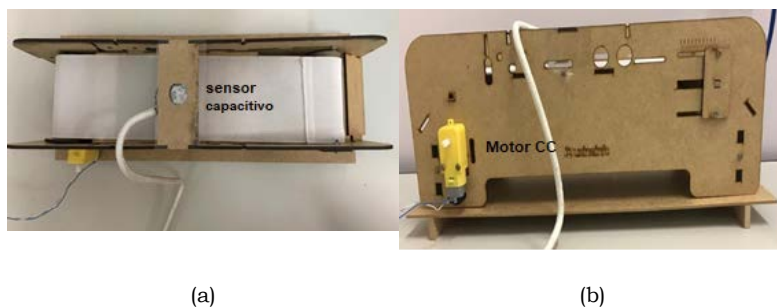
Figura 6 – Estrutura mecânica da esteira 1, com motor CC e sensores indutivo e ultrassônico. (a) Vista superior; (b) Vista lateral



Fonte: arquivo pessoal

Na Figura 7, são indicadas fotos das vistas superior e lateral da estrutura mecânica da esteira 2, com seus dispositivos eletrônicos, que são o motor CC e o sensor capacitivo.

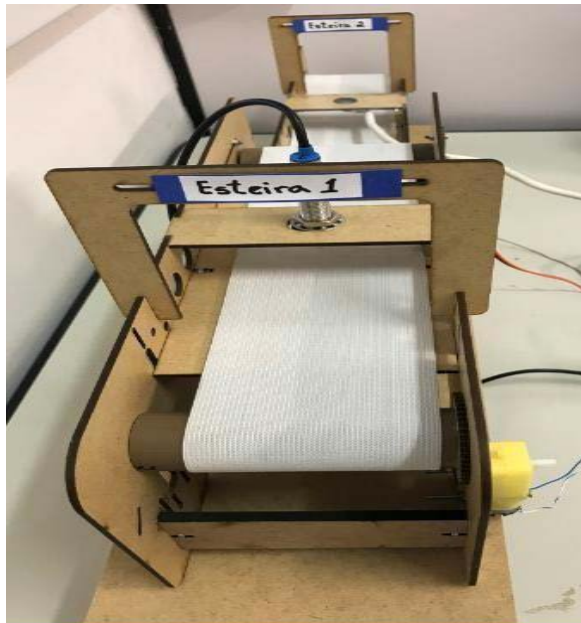
Figura 7 – Estrutura mecânica da esteira 2, com motor CC e sensor capacitivo. (a) Vista superior; (b) Vista lateral



Fonte: arquivo pessoal

As esteiras 1 e 2, por fim acopladas e conectadas, encontram-se na Figura 8.

Figura 8 – Os módulos 1 e 2 das esteiras acopladas



Fonte: arquivo pessoal

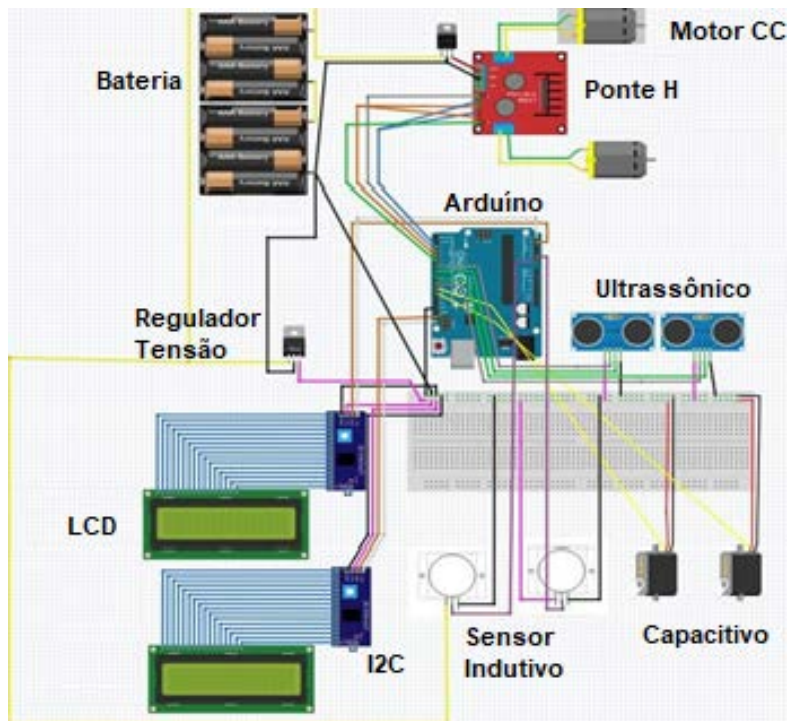
Após a montagem e a configuração dos componentes eletroeletrônicos necessários para o desenvolvimento do protótipo, um esboço do circuito elétrico do projeto foi desenvolvido no software de licença livre Fritzing², com os componentes necessários para a montagem deste.

2 Fritzing. Disponível em <https://fritzing.org/home/>

A Figura 9 ilustra o diagrama do circuito completo desenvolvido para o acionamento das esteiras e o condicionamento dos sinais dos sensores, por meio do software Fritzing. Tais componentes são: fonte de alimentação 12 Vcc – no diagrama, representada por um conjunto de baterias de 12 Vcc; módulo ponte H para acionamento dos motores; motores CC; reguladores de tensão para condicionamento dos sinais; sensor indutivo; sensor capacitivo; sensor ultrassônico; LCDs; placa de prototipagem eletrônica Arduino Uno e microservos.

No trabalho, foi desenvolvida uma placa de circuito impresso (PCI) do circuito de interface e condicionamento de sinais dos sensores, com o intuito de compactar seu circuito elétrico. Para isso, utilizou-se uma máquina confeccionadora e prototipadora de Comando Numérico Computadorizado (CNC) do modelo ProtoMat S42, disponível no laboratório de Eletroeletrônica da instituição.

Figura 9 – Diagrama do circuito completo concebido para acionamento dos componentes das esteiras, desenvolvido com o software Fritzing



Fonte: elaborada pelos autores

Após a montagem do protótipo com seus diversos componentes e a programação destes por meio da plataforma microcontrolada, seguiu-se para a última etapa do projeto, que foi o desenvolvimento do aplicativo de celular para exibição dos resultados da seleção e contagem dos materiais que passam pela esteira.

O objetivo do aplicativo desenvolvido é informar ao usuário a quantidade de material que foi transportada na esteira, além de discriminar quais os tipos e em quanto de crédito será convertido para o usuário. Para seu desenvolvimento, foi utilizada a plataforma MIT AppInventor, software de licença livre e que permite criar aplicativo para o sistema Android. Na Figura 10, é ilustrado o *design* do aplicativo desenvolvido no âmbito do projeto, que apresenta uma interface objetiva e de simples utilização.

Figura 10 – Design do aplicativo desenvolvido no projeto



Fonte: elaborada pelos autores

Na tela do aplicativo desenvolvido no projeto (Figura 10), são apresentados, como dados, o número de itens

totais detectados – metálico, plástico e papel – e em quanto isso seria convertido monetariamente para o usuário, a depender da cotação de cada material.

A conversão monetária dos materiais foi baseada na cotação do dia para os materiais lata de alumínio, garrafa PET e papel branco, por quilo do material – no caso do resultado exposto na Figura 10, o dia em análise foi 17 de junho de 2019. No âmbito do projeto, especificou-se um peso médio para cada item. Sendo assim, a lata de alumínio de 350 ml teve seu peso especificado em 13,5 g (média do peso desse tipo de embalagem), a garrafa PET vazia de volume de 600 ml teve seu peso estimado em 15 g, e o papel, em 80 g/m² (gramatura padrão para papel de escritório). A cotação dos materiais foi retirada da Rede de Pesquisa, Cotação e Comparação de Preços do Estado de Minas Gerais³, que divulga diariamente os preços e cotações dos produtos e materiais comercializados no estado.

6 RESULTADOS

Após as etapas de desenvolvimento do protótipo da esteira seletora de materiais recicláveis, que envolveram desde a sua montagem até a programação dos seus dispositivos eletroeletrônicos, foram realizados testes para avaliação do funcionamento desta quanto à

3 Mercado Mineiro. Disponível em <http://www.mercadomineiro.com.br/>

capacidade de detecção e seleção de materiais. Assim, o funcionamento da esteira foi avaliado como significativo e eficiente por meio da porcentagem de itens detectados de forma correta: se eram metálicos, como lata de alumínio, ou não metálicos, como papel ou plástico.

No âmbito do projeto, até a elaboração do presente capítulo, 50 testes consecutivos de cada tipo de material foram realizados. O resultado obtido está descrito na Tabela 1. Os testes foram realizados com embalagens de uso cotidiano, tal como latas de alumínio, garrafas PET e papel, diferenciando-se na composição do material, se metálico, plástico ou de papel. Os objetos metálicos foram detectados de forma correta e precisa em todos os testes. Os objetos plásticos e de papel apresentaram erros de detecção, supondo-se a necessidade de melhor calibração do sensor capacitivo ou mesmo sua substituição por um sensor de melhor alcance de detecção, uma vez que esse sensor foi confeccionado a partir da reutilização de componentes de outros projetos. Ressalta-se também que a porcentagem de não detecção ou detecção incorreta pode estar relacionada com a dimensão do objeto que passa pela esteira e, consequentemente, com a capacidade de alcance na detecção do sensor capacitivo. Testes com objetos de maiores dimensões apresentaram melhores detecções.

Tabela 1 – Porcentagem de acertos na detecção ou não detecção dos materiais em teste

Tipo de material	Percentual de detecção correta do material (%)
Metálico	100
Plástico	88
Papel	76

Fonte: elaborada pelos autores

Com relação à aplicação da metodologia ativa PjBL em sala de aula, no decorrer do período letivo em que se desenvolveu o projeto, foi observado pelos professores das disciplinas que implementaram a metodologia um engajamento dos alunos muito mais relevante que quando era aplicado o método tradicional de ensino. Além dos horários de aulas de cada disciplina para o desenvolvimento em grupo das etapas do projeto, os alunos consultaram os professores nos horários de tutorias (extraclasse) para sanar dúvidas a respeito dos problemas encontrados e dos conceitos teóricos envolvidos. Essa situação não ocorria quando se utilizava o método tradicional de ensino, em que os alunos apenas procuravam os professores em dias antecedentes às avaliações.

Apesar dos professores relatarem um esforço maior em se trabalhar com a metodologia PjBL, devido a terem que se atualizar constantemente em relação aos problemas e projetos e disponibilizar uma carga maior de horários de tutorias, o nível de satisfação com o engajamento dos alunos foi maior do que o alcançado com o método tradicional de ensino.

É natural, entretanto, que algumas dificuldades sejam encontradas no decorrer do uso dos métodos inovadores de ensino, como, por exemplo, aquelas apontadas pelos professores, que precisam manter contato constante com as empresas e o mercado de trabalho e, conseqüentemente, se atualizar constantemente para poderem desenvolver problemas/projetos, os quais devem estar relacionados com problemas reais.

Outra dificuldade relatada pelos professores foi a de integrar e sincronizar os conceitos pertencentes às diferentes disciplinas do curso, seja durante a elaboração ou no desenvolvimento do projeto, de forma a não gerar sobrecarga e confusão no processo de aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, para que essa interação pudesse ocorrer de forma sincronizada, reuniões constantes entre os professores foram necessárias, com a discussão dos conteúdos que seriam abordados nas aulas expositivas e em cada etapa do projeto, os temas e a duração média dessas etapas, o andamento de cada grupo de alunos e os critérios de avaliação. Entretanto, para que isso fosse possível, exigiu-se a dedicação e o comprometimento por parte dos professores envolvidos.

Os professores também observaram, em relação aos alunos, um maior incentivo do trabalho em equipe e o aprimoramento das habilidades de relações interpessoais. Como o método PjBL exige grupos e temas de discussões constantes, torna-se necessário manter um relacionamento interpessoal saudável com todos os integrantes do grupo, aprendendo a dividir tarefas e organizar o trabalho. Com as discussões e os diálogos

ocorridos durante o desenvolvimento do projeto, além da apresentação de ideias e opiniões, a capacidade de comunicação oral dos alunos foi estimulada, sendo esta outra habilidade em destaque que o método PjBL exige.

Quanto aos alunos, a maioria relatou, no questionário que foi aplicado *on-line* após a finalização do período letivo, que a aproximação da realidade e o contato com a prática, por meio de problemas/projetos reais, trazem uma motivação e um interesse a mais para o processo de aprendizagem, reduzindo a monotonia das aulas teóricas, além de desenvolver habilidades que os ajudarão não apenas na vida acadêmica, mas também na vida profissional. Ademais, 90% dos alunos que responderam ao questionário relataram que o esforço no decorrer do semestre foi maior em relação ao método tradicional, uma vez que eles tinham que desenvolver soluções e ideias dos problemas/projetos em todo o período letivo, sendo, portanto, avaliados constantemente, e não apenas ao final do processo.

Os alunos também relataram um maior incentivo de trabalho em equipe e o aprimoramento das habilidades de relações interpessoais. O trabalho em equipe foi uma das características mais observadas pelos professores com a aplicação do método PjBL, servindo de estímulo para muitos alunos, que estavam acostumados com atividades avaliativas e trabalhos acadêmicos individuais.

Em relação à média final das notas das disciplinas, houve aumento em todas elas quando comparadas às dos períodos anteriores, em que se utilizava o método

tradicional de ensino. Um aumento de aproximadamente 10% na média geral dos alunos foi observado nas três disciplinas que aplicaram os métodos, em comparação com os dois períodos anteriores ao da aplicação do método PjBL. Além do aumento da média de notas dos alunos, houve uma maior homogeneidade de notas, indicando uma maior isonomia no processo de aprendizagem e desenvolvimento das competências dos alunos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados na esteira seletora de materiais desenvolvida a partir do projeto aqui descrito obtiveram um resultado satisfatório. O sistema de transporte desenvolvido no protótipo foi capaz de conduzir os materiais, detectá-los, selecioná-los e, por fim, informar ao usuário, por meio de um aplicativo de celular, suas quantidades, seus tipos e o valor monetário a eles correspondente.

Esses testes revelaram um aproveitamento global de 89,33%, sendo 100% de detecção e seleção correta para materiais metálicos, como lata de alumínio, 76% para embalagem de papel e 88% para plástico, como garrafa PET.

Com relação ao desenvolvimento e à implementação do projeto, afirma-se que a grande dificuldade se concentrou na confecção, produção e utilização do sensor capacitivo. Foram necessárias diversas alterações para que o sensor capacitivo apresentasse um resultado

factual, sendo que as principais dessas modificações foram a troca de um cabo comum por um cabo coaxial e a troca do resistor de $1\text{ M}\Omega$ para $10\text{ M}\Omega$. Além disso, vale ressaltar a dificuldade em calibrar o sensor para apresentar uma melhor identificação dos materiais transportados, em especial aqueles de pequenas dimensões.

O desenvolvimento e a execução do projeto pelos alunos na instituição despertaram assuntos relacionados à questão ambiental, valorizando a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, bem como estimulando o tema da reciclagem. Além disso, o projeto foi capaz de despertar interesse nos assuntos relacionados aos conceitos apresentados no curso de Engenharia de Controle e Automação e, concomitantemente, exigir a aplicação de diversas competências e habilidades dos alunos envolvidos, necessários no mercado de trabalho.

Baseados nas experiências obtidas no decorrer do desenvolvimento do projeto em sala de aula com a aplicação da metodologia PjBL, os professores envolvidos observaram um engajamento dos alunos muito mais relevante que quando era aplicado o método tradicional de ensino. Nesse contexto, conforme Santos, Angelo e Loula (2008), o objetivo principal da aplicação da PjBL nos cursos de Engenharia é aumentar a motivação dos alunos em relação à aprendizagem, criando condições para que estes aprendam a aprender. Constatou-se, então, que o desenvolvimento do projeto e suas aplicações, apesar das eventuais lacunas na exposição

teórica, não comprometeu o aprendizado dos conteúdos programáticos das disciplinas.

Assim, a partir da experiência obtida com a aplicação da PjBL, pode-se afirmar que essa metodologia ativa de ensino adequa-se bem às exigências e aos desafios do ensino de Engenharia, pois proporciona o desenvolvimento de habilidades que o profissional deve possuir, ao estimular a autoaprendizagem contínua e o trabalho em equipe.

Como trabalho futuro, estes autores objetivam estender a aplicação da metodologia de ensino PjBL a outras disciplinas do curso e analisar o impacto dessa aplicação a partir da perspectiva dos discentes e docentes. Objetiva-se, ainda, como trabalho futuro, que o protótipo desenvolvido da esteira seletora de materiais recicláveis possa ser aplicado em escala real. Para tanto, esta deve possuir uma dimensão maior, além de encapsulamento dos dispositivos e ajustes para melhorarias nos índices de detecção e alcance. Com essas adaptações, haverá a possibilidade de utilizar a esteira seletora de materiais recicláveis aqui desenvolvida em pontos comerciais, como supermercados e farmácias.

REFERÊNCIAS

AZAPAGIC, A.; EMSLEY, A.; HAMERTON, I. **Polymers, the environment and sustainable development**. Chichester: Wiley, 2003.

CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 423-434, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2006000300006>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000300006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

DIAS, S. V.; RAMALHO, G. L. B. Estimação da velocidade de deslocamento de uma esteira transportadora utilizando Redes Neurais Artificiais. In: ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO (ENPPG), 9., 2009, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: IFCE, 2009.

EIHARA, B. R.; SILVA, D. C. L.; SANTOS, E. F. Esteira para separação automática de material reciclado. **REGET - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 39-48, 2014. DOI: <https://doi.org/10.24279/jmgmt.v2i1.139>. Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/139>. Acesso em: jan. 2021.

FONSECA, F. F. O desenvolvimento da indústria de reciclagem dos materiais no Brasil: motivação econômica ou benefício ambiental conseguido com a atividade? **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 16, n. 387, 2012.

GOMES, D. F. *et al.* **Esteira transportadora automatizada**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Mecânica de Precisão) – Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2006.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisas**, n. 118, p. 188-205, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008> Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-15742003000100008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

LISBOA, C. Os que sobrevivem do lixo. **Desafios do Desenvolvimento – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, ano 10, n. 77, 2013. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2941. Acesso em: mai. 2021.

MACHADO, B. A. *et al.* A importância social e econômica da implementação de cooperativas de materiais recicláveis. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO (ENEGEP)*, 26., 2006, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABEPRO, 2006. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr560372_8549.pdf. Acesso em: jan. 2021.

MARTINS, J. G. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84303>. Acesso em: jan. 2021.

MONTEIRO, S. B. S. *et al.* Uma nova abordagem de Ensino de Engenharia: Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) na disciplina PSP1 da Curso de Engenharia de Produção da UnB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 39., 2011, Blumenau. **Anais** [...]. Blumenau: ABENGE, 2011.

MORELLI, R. **Controle e automação de esteira transportadora**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-21052010-085622/>. Acesso em: mai. 2021.

OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo**: perspectivas para a reciclagem no Brasil. 2012. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2012/596-gestao-de-residuos-plasticos-pos-consumo-perspectivas-para-a-reciclagem-no-brasil>. Acesso em: mai. 2021.

PEREIRA, F. Sensores. **Saber Eletrônica**, n. 453, p. 58-61, 2011.

REGO, R. C.; BARRETO, M. L.; KILLINGER, C. L. O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano. **Caderno Saúde Pública**, v. 18, n. 6, p. 1583-1591, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2002000600012>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2002000600012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

RHEM, J. Problem-based learning: an introduction. **The National Teaching and Learning Forum**, v. 8, n. 1, 1998.

RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E. Avaliação formativa no ensino superior: um estudo de caso. **Acta Scientiarum. Language and Culture**, v. 33, n. 1, p. 45-54, 2011. DOI: 10.4025/actascihumansoc.v33i1.9214. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/9214>. Acesso em: mai. 2021.

RODRIGUES, R. A. B.; MEDEIROS, J.; BITTENCOURT, A. Desenvolvimento de uma esteira transportadora didática. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI), 7., 2012, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: IFTO, 2012.

SALES, A. B.; DEL, A. M.; SALES, M. B. Avaliação da aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas na disciplina de Interação Humano e Computador de curso de Engenharia de Software. UFRGS. **Revista Renote: Novas Tecnologias em Educação**, v. 11, n. 3, p. 1-10, 2013. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.44932>. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/44932/0>. Acesso em: jan. 2021.

SANTOS, J. A. M.; ANGELO, M. F.; LOULA, A. Utilização do método PBL em um estudo integrado de Programação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 36., 2008, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABENGE, 2008.

SAVIN-BADEN, M. **Problem-Based Learning in Higher Education: untold stories**. Buckingham: Open University Press, 2000.

SILVA, A. O projeto de uma esteira separadora didática para o ensino de automação a eventos discretos. **Revista Tecnológica**, v. 29, n. 1, p. 130-141, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v29i1.50942>. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/50942>. Acesso em: jan. 2021.

THOMAZINI, D.; URBANO, P. U. B. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2011.

Capítulo 7

USO DE METODOLOGIAS ATIVAS NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA DO CEFET-MG

Valéria Cristina Palmeira Zago
Elizabeth Regina Halfeld da Costa
Beatriz Amanda Watts

1 INTRODUÇÃO

De modo geral, as metodologias didático-pedagógicas tradicionais são frequentemente questionadas por preterirem o educando, despojando-o de um papel ativo no processo ensino-aprendizagem. Há décadas que essa temática tem fomentado reflexão entre educadores, na busca de metodologias mais eficientes e estimulantes na formação do aluno.

Sabe-se que o uso do método tradicional de palestras é predominante, porque os professores podem apresentar uma grande quantidade de material, em um período relativamente curto de tempo (MINER; DAS; GALE, 1984). No ensino superior, Whetten e Clark (1996) reiteraram que a abordagem tradicional das exposições orais dos professores tem sido usada há muitos anos, pois fornece um modo conveniente e expedito de transmitir o conhecimento e introduzir princípios básicos, para grandes classes de estudantes de graduação.

Alguns estudos, entretanto, mostraram que os alunos não conseguem reter tanto conteúdo após a conclusão da aula, em comparação com as aulas ministradas em um ambiente estimulante e ativo (VAN EYNDE; SPENCER, 1988). Segundo Dorestani (2005), muitos educadores observaram também que o método de palestras não consegue motivar os alunos, levando à falta de atenção.

Outro aspecto importante dessa reflexão é que o espaço e a motivação para a análise crítica e a autonomia dos educandos são subestimados. Em grande parte, isso se deve ao fato de que a relação “aprender-ensinar” ocorre entre muros acadêmicos onde, muitas vezes, encontra-se desassociada do contexto social do seu entorno e das vivências dos alunos. No ensino superior, especialmente na formação de futuros profissionais das áreas tecnológicas, essas problemáticas também são perceptíveis. Sanmartín (1990) já ressaltava que é necessário questionar as formas herdadas de

estudar e atuar sobre a natureza, as quais devem ser, constantemente, refletidas no processo de aprendizagem da formação profissional. A legitimação desse processo deve ser realizada por meio de um sistema educativo, que contextualize permanentemente os conhecimentos em função das necessidades da sociedade.

Nesse contexto, o presente capítulo tem por objetivo descrever e analisar alguns exemplos da aplicação de metodologias ativas baseadas em problemas e em projetos, desenvolvidos no âmbito de determinadas disciplinas e atividades extraclasse, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – *Campus Nova Suíça*.

Este capítulo é dividido em mais quatro seções. A segunda seção, detalhada a seguir, é constituída de uma breve discussão sobre “aprendizagem ativa e o desenvolvimento de competências”. Na terceira seção, são apresentadas experiências de utilização de metodologias ativas em algumas disciplinas, durante o período de 10 anos após a implantação do curso. A quarta seção apresenta as experiências desenvolvidas de forma transdisciplinar, em projetos de ensino-pesquisa-extensão, como, por exemplo, o Programa de Educação Tutorial Institucional e Bolsa de Complementação Estudantil. Por fim, a quinta seção relata uma experiência de metodologia baseada em projetos, em parceria internacional entre os alunos e professores do CEFET-MG e da Universidade de Leuphana, em Luneburg, Alemanha.

2 APRENDIZAGEM ATIVA E O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) tem advertido o setor educacional dos países sobre a importância das dimensões da “educação para a cidadania global” e dos “papéis ativos” necessários para “resolver desafios globais”. Essa concepção da educação visa capacitar os alunos a se envolverem e assumirem papéis ativos, tanto local quanto globalmente, para enfrentar e resolver problemas globais e, finalmente, se tornarem contribuintes proativos para um mundo mais justo, pacífico, tolerante, inclusivo, seguro e sustentável (UNESCO, 2015).

Para tanto, é necessário que os ambientes escolares fomentem a adoção daquelas metodologias didático-pedagógicas que possibilitem o desenvolvimento de competências relacionadas à iniciativa, ao trabalho em equipe e à experimentação de proposições resolutivas diante de um determinado contexto socioambiental. O termo “competências” aqui adotado está em concordância com o explicitado em González (2008, p. 83):

Competências são vistas como uma combinação de conhecimentos, habilidades (intelectuais, manuais, sociais, entre outros), atitudes e valores que capacitam uma pessoa para lidar com a resolução de problemas ou a intervenção em um

assunto dentro um contexto acadêmico, profissional ou social específico. Isso envolve conceber as competências dos alunos de uma perspectiva integrada, levando em consideração o que uma pessoa é capaz ou competente para realizar e seu grau de preparação, suficiência e/ou responsabilidade por determinadas tarefas.

Bonwell e Eison (1991, p. 2), líderes no campo da aprendizagem ativa, que contribuíram fortemente para o seu desenvolvimento e para a sua aceitação como uma abordagem viável, a definem como:

[...] um termo abrangente, usado para descrever vários modelos de instrução que responsabilizam os alunos por seu próprio aprendizado. Processo no qual os alunos se envolvem em ‘fazer as coisas e pensar sobre o que estão fazendo’ na sala de aula. A aprendizagem ativa oferece os seguintes benefícios: os alunos estão mais envolvidos do que na escuta passiva; estão envolvidos em atividades como ler, discutir e escrever; a motivação do aluno é aumentada; os alunos podem receber *feedback* imediato; e os alunos podem se envolver em pensamentos de ordem superior, como análise, síntese e avaliação.

A “aprendizagem ativa” fornece, assim, um poderoso mecanismo para melhorar a profundidade do aprender e envolver os alunos com o processo de aprendizagem, em vez de apenas participar passivamente dele. Estudantes estão envolvidos em mais do que apenas ouvir. Menos ênfase é colocada na transmissão de informações e mais no desenvolvimento de habilidades dos alunos (CHUN-XIA, 2010). Segundo Moran (2015, p. 18), “as metodologias ativas são pontos de partida para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas na Educação”.

Estudos realizados por Dorestani (2005), Ebert-May, Brewer e Allred (1997), Michel, Cater III e Varela (2009) e Sharma (2018), comparando turmas de alunos com e sem a adoção de metodologias ativas, observaram que aquelas apresentaram resultados positivos de aprendizado em relação às tradicionais.

Peris-Ortiz e Lindahl (2015, p. 9), por sua vez, agregam que é necessária uma adequação do processo ensino-aprendizagem, em função das mudanças dramáticas em nosso ambiente contemporâneo.

A globalização dos mercados, a inovação tecnológica e, em geral, a evolução para uma sociedade de conhecimento altamente interconectado, onipresente e interdependente requerem uma nova abordagem para estudar e entender as complexidades e os novos desafios

da sociedade atual. Essas demandas da sociedade implicam que as universidades devem educar seus alunos no desenvolvimento de competências vinculadas a diferentes setores e no desenvolvimento de uma economia inovadora e sustentável. Atualmente, os graduados devem estar preparados para responder com sucesso aos desafios globais do futuro. Os trabalhos de ontem foram substituídos por cargos que exigem gestão do conhecimento, raciocínio abstrato, resposta em tempo real, comportamento ético e capacidade de fornecer serviços pessoais. Em consequência do exposto, as universidades de todo o mundo estão projetando diferentes modelos com base na aquisição de competências para planejar os currículos de seus alunos, de modo que seus graduados cumpram os requisitos atualmente exigidos pelo mercado de trabalho.

De acordo com Cörvers *et al.* (2016), as universidades detêm responsabilidade e papel cruciais em contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade, especialmente na sua atividade-fim, que é a Educação. O conceito de competências para o desenvolvimento sustentável e a ideia de usar questões de sustentabilidade do mundo real são temáticas promissoras, especialmente

nos formatos educacionais de Aprendizagem Baseada em Problemas e em Projetos. Ademais, métodos, tais como as metodologias ativas, propõem uma interatividade maior do aluno e do professor com o objeto de estudo, a partir de um contexto socioambiental.

Destaca-se, aqui, a “Aprendizagem ativa baseada em problemas”, que estrutura um curso em torno da resolução de um problema do mundo real (ALBANESE; MITCHELL, 1993). Essa abordagem remonta ao filósofo e educador vanguardista John Dewey (1859-1952), autor do livro *“Democracy and Education”*, o qual alegou que os problemas são um estímulo ao pensamento (MILLER, 2004). Freitas (2012, p. 413) complementa:

O que os alunos precisam descobrir, principalmente, não é a solução imediata do problema, mas as condições de origem do conceito que estão aprendendo, o qual, inclusive, servirá para a resolução, mas servirá, sobretudo, para que adquiram um modo de pensamento.

Outra referência na aprendizagem ativa é a “Metodologia baseada em Projetos”, que, segundo Rangel (2007), consiste em produzir, por meio de etapas progressivas e contínuas, um ou mais produtos a serem entregues em datas preestabelecidas. Essa metodologia promove a ligação do aluno com a parte profissional, possibilitando-o vivenciar situações reais que encontrará após a conclusão da graduação. As competências como

capacidade de raciocínio lógico, iniciativa para tomada de decisões e atitudes empreendedoras são potencialmente desenvolvidas nessa metodologia.

3 APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS BASEADAS EM PROBLEMAS E EM PROJETOS NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA DO CEFET-MG

Desde o início do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, em 2010, no CEFET-MG – *Campus* Nova Suíça, as disciplinas “Introdução à Prática Experimental”, “Contexto Social e Profissional do Engenheiro Ambiental e Sanitarista”, “Gestão de Resíduos Sólidos”, “Saúde Ambiental” e “Metodologia da Pesquisa” incluem, entre as suas atividades didático-pedagógicas, a metodologia baseada em problemas e em projetos.

Nessas disciplinas em particular, é proposta, aos alunos, a condução de um projeto de investigação em grupo, focando problemas e a busca de proposições resolutivas ligadas à realidade profissional. Os problemas são sugeridos pelos alunos e/ou professores e vão sendo compreendidos, a partir de embasamento científico, durante as etapas progressivas de condução do projeto. Em geral, essas etapas envolvem o planejamento da atividade, a escolha da metodologia, a execução propriamente dita e são finalizadas com a entrega de um produto final, que pode ser um relatório técnico, artigo científico, apresentação oral e/ou apresentação em evento científico. Todas as etapas foram pensadas

para estimular as competências dos alunos, de forma individual e em grupo, tanto aquelas específicas da área de formação quanto as denominadas “genéricas”, que compreendem a reflexão crítica, a oratória, a escrita formal, o trabalho em equipe, por exemplo.

De acordo com Martins (2013), a dúvida e o questionamento são intermediadores da metodologia ativa baseada em projetos, pois, por meio deles, o aluno se torna construtor do próprio conhecimento. O aluno passa a entender as implicações dos próprios atos no desenvolvimento de atividades educativas.

A disciplina de “Introdução à Prática Experimental”, ministrada já no segundo período, tem como objetivo principal possibilitar que o aluno possa ter o primeiro contato com o desenvolvimento de uma pesquisa científica. Assim, um projeto de investigação sobre as diferentes áreas de pesquisa é proposto, dentro da Engenharia Ambiental e Sanitária. Como os alunos ainda estão no primeiro ano da graduação, o professor fornece um direcionamento maior na primeira etapa do projeto, indicando artigos científicos aos grupos. Os alunos precisam destrinchar o artigo científico, pesquisando todas as terminologias, conceitos e metodologias associados à determinada temática pertinente à área profissional. Essa dinâmica os leva a outras literaturas e enriquecem as discussões da turma, pois, a cada aula, os grupos vão trazendo suas dúvidas e descobertas, compartilhando-as com os demais. Assim, à medida que os grupos leem, analisam e discutem a literatura técnica, vão compreendendo também as

bases da construção da pesquisa científica. A avaliação da disciplina é baseada em uma apresentação oral e escrita que descreva as terminologias, os conceitos e as metodologias apreendidos durante o projeto.

A disciplina de “Contexto Social e Profissional”, por sua vez, é equalizada para os cursos de Engenharia do CEFET-MG, porém cada curso foca a realidade da sua área de formação profissional. No curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, a disciplina é ofertada no terceiro período e possui como objetivo “contextualizar o discente em sua área de atuação perante as demandas da sociedade, abordando aspectos tecnológicos, éticos, mercadológicos e atuação em equipes multidisciplinares” (CEFET-MG, 2013, p. 96). Essa disciplina é ministrada com ênfase em “visitas técnicas”, que complementam a aprendizagem teórica, possibilitando um primeiro contato direto com o ambiente de trabalho do profissional da área.

A partir de um tema escolhido pelos grupos de alunos, o professor estabelece um roteiro básico de trabalho, envolvendo revisão de literatura sobre um determinado tema e a escolha de um local a ser visitado, visando também uma entrevista semiestruturada com um profissional da área. Posteriormente à visita, à entrevista, à revisão de literatura e à análise dos dados, os grupos apresentam um seminário e um artigo para evento científico. Alguns artigos foram apresentados no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), como por exemplo Costa *et al.* (2018a) e Costa *et al.* (2018b).

Tem-se verificado, pelo depoimento informal dos alunos, que as “visitas técnicas” são motivadoras, pois possibilitam o contato direto entre a teoria vista em sala de aula e a prática do profissional no mercado de trabalho. Segundo Fortunato, Neffa e Miranda (2012, p. 33):

Pode-se considerar que as ‘visitas técnicas’ são importantes para proporcionar certa afinidade do estudante com seu novo universo de trabalho, que pressupõe a construção de uma identidade específica. Nesse sentido, as visitas técnicas apresentam-se como uma oportunidade para que os estudantes possam sentir-se próximos dos grupos que pretendem fazer parte no futuro e aprendem além da sua função, ‘certo jeito de ser’, certas lógicas no modo de pensar, que caracterizam os profissionais da sua área. Aprendem posturas, um novo vocabulário e se tornam capazes de desenvolver novas competências.

Entre 2012 e 2015, na disciplina “Gestão de Resíduos Sólidos”, ofertada no sexto período, também utilizou-se a metodologia baseada em projetos, por meio da formação de grupos de alunos, abordando a gestão e o gerenciamento de resíduos em diferentes cenários, incluindo a análise da própria instituição de educação e do município de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais. Todos os projetos foram estruturados em etapas

comuns que se iniciaram com o levantamento de dados qualitativos dos resíduos gerados e a investigação das rotas tecnológicas de cada tipo de resíduo. Utilizaram-se dados secundários, além de questionários e entrevistas com os servidores responsáveis pela gestão e gerenciamento dos resíduos. A gestão de resíduos no município de Belo Horizonte-MG foi abordada a partir de visitas técnicas aos equipamentos públicos (aterro sanitário, unidades de recebimento de pequenos volumes, locais de entrega voluntária de resíduos) e de entrevistas com técnicos da Superintendência de Limpeza Urbana (autarquia municipal encarregada da questão de resíduos sólidos), carroceiros e moradores.

Em todos os semestres, uma visita técnica foi realizada com a turma, ora no Aterro Sanitário, ora na Central de Tratamento de Resíduos do município. Como produto final, os grupos apresentaram um relatório técnico, constando diagnóstico, análise crítica e proposições técnicas para resolução dos problemas identificados. Foi sugerido aos grupos que, quando possível, utilizassem conhecimentos adquiridos em outras disciplinas, como, por exemplo, Geoprocessamento, Saúde Ambiental, Metodologia da Pesquisa, entre outras. Quando a sugestão foi acatada, pôde-se observar uma análise técnica mais aprofundada. O trabalho de um dos grupos resultou em publicação na “Revista de Geografia e Ordenamento do Território-GOT” (SOARES *et al.*, 2016), além de artigos apresentados em congressos como o XLII COBENGE (ZAGO *et al.*, 2014) e o XIV Congresso Nacional de Meio Ambiente (CÔRTEZ *et al.*, 2017).

Desde 2014, na disciplina “Saúde Ambiental”, também ofertada no sexto período, os projetos propostos incluem tanto a pesquisa em banco de dados de indicadores de saúde, como DataSus e plataforma “Atlas Brasil”, quanto o estudo das correlações estatísticas existentes entre os determinantes sociais e ambientais, utilizando-se planilhas eletrônicas para a sistematização de dados e softwares estatísticos. Esse projeto teve como produto final um relatório ou artigo científico, em que foram apresentadas as análises de correlações com discussão embasada cientificamente, além de uma apresentação oral. Em alguns semestres, também são realizadas intervenções junto à própria comunidade acadêmica, com enquetes, maquetes, cartazes, *folders*, visando à conscientização sobre a relação ambiente e saúde.

A disciplina “Metodologia da Pesquisa”, igualmente no sexto período, também utiliza a metodologia baseada em projetos como parte de suas atividades. Os alunos, em grupos, escolhem um tema que gostariam de abordar e desenvolver em uma pequena pesquisa. As etapas que os alunos precisam galgar durante o projeto reproduzem o processo de construção e de desenvolvimento de uma pesquisa científica, ou seja, eles elaboram um Projeto de Pesquisa e a sua execução, incluindo uma análise estatística, quando pertinente, redigem um artigo dentro das normas de um determinado periódico e, por fim, fazem uma exposição oral, simulando uma participação em um evento científico.

Em 2017, a metodologia baseada em projetos de forma interdisciplinar foi realizada, integrando duas

disciplinas, ofertadas no mesmo semestre. Naquele ano, na disciplina de “Saúde Ambiental”, os alunos foram orientados a conhecer os bancos de dados referentes às informações sobre alguns indicadores de saúde e socioeconômicos nas microrregiões do estado de Minas Gerais. A partir da seleção dos dados, realizaram testes de correlação estatística entre os indicadores. Por sua vez, na disciplina de “Metodologia da Pesquisa”, com base nos estudos realizados em “Saúde Ambiental”, os alunos elaboraram um projeto de pesquisa, uma redação de um resumo expandido para um evento científico do CEFET-MG e um artigo científico, seguindo as normas de publicação de um periódico científico nacional. Alguns desses projetos foram apresentados em eventos científicos local, como a Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações (META/CEFET-MG), ou nacionais, como o XLIII COBENGE (THEBIT *et al.*, 2015) e o XIV Congresso Nacional de Meio Ambiente (COELHO *et al.*, 2017).

Essa participação em eventos científicos representa mais uma forma de aprendizado, pois proporciona exercitar a comunicação científica e o *networking* durante o evento com profissionais da área, além de ser um incentivo e um reconhecimento para os alunos pelo trabalho bem desenvolvido.

Moran (2018) ressalta que as metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos e reitera:

[...] se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham

que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa.

Todos os problemas norteadores dos projetos desenvolvidos relacionam os conteúdos das disciplinas com temáticas atuais da sociedade e com a vida profissional futura. Os projetos desenvolvidos pelos alunos são utilizados como parte das avaliações das disciplinas, considerando, como critério, o desenvolvimento de competências genéricas e específicas, conforme os conteúdos abordados. A disciplina “Contexto Social e Profissional” não utiliza avaliações tradicionais, no modelo “pergunta – resposta”. Nas demais disciplinas, o projeto tem uma pontuação elevada em relação às avaliações tradicionais, também requeridas.

De acordo com Boud (2006), a avaliação é um dos principais componentes da prática educacional e deve estar sujeita a mudanças e inovações, porque determina como e o que os alunos realmente estudam. É evidente, portanto, que há uma clara necessidade de repensar estratégias e procedimentos tradicionais também nos processos avaliativos de aprendizado.

As metodologias ativas aqui relatadas possibilitam atender adequadamente aos princípios epistemológicos, axiológicos e teleológicos do PPC do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (CEFET-MG, 2013, p. 32-33):

[...] análise da realidade contemporânea, diversificada e em constante transformação como elemento norteador da produção de conhecimento; produção de conhecimento revestida de caráter histórico e dinâmico; modelo ensino-aprendizagem baseado na interação do sujeito com a realidade; relação teoria e prática entendida como eixo articulador da produção do conhecimento; incorporação da pesquisa no processo de aprendizagem do aluno; motivação do aluno para a formulação e resolução de problemas, visando o desenvolvimento de sua capacidade de pesquisa; valorização do discente e suas experiências, garantindo igualdade de condições na Instituição e sua inserção no processo ensino-aprendizagem como sujeito ativo; processo de formação profissional comprometido com a ética e o desenvolvimento humano.

4 ASSOCIAÇÃO ENTRE TRANSDISCIPLINARIDADE E METODOLOGIAS ATIVAS

Nesta seção são relatadas experiências desenvolvidas de forma transdisciplinar em projetos de ensino-pesquisa-extensão, como o Programa de Educação Tutorial Institucional e o Programa Bolsa de Complementação Estudantil Institucional.

O Programa de Educação Tutorial (PET) foi criado em 1979 no Brasil, no conjunto de iniciativas de fortalecimento da educação superior brasileira. Caracteriza-se por uma metodologia de ensino com sérios compromissos epistemológicos, pedagógicos, éticos e sociais, que se efetiva por meio de grupos de aprendizagem, constituídos por estudantes, orientados por professores tutores. As atividades realizadas no âmbito da educação tutorial se identificam como extracurriculares e são, em geral, complementares à formação acadêmica (MARTINS, 2007).

O PET-Ambiental foi iniciado em 2015, no âmbito do curso da Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, e tem se mostrado um espaço fomentador da aprendizagem ativa. O objetivo principal do grupo PET-Ambiental é promover atividades extracurriculares com os alunos da Engenharia Ambiental e Sanitária, envolvidos direta ou indiretamente com o PET, que priorizem a multidisciplinariedade, o pensamento crítico-analítico e a contextualização social, ambiental e econômica.

O grupo tem seu funcionamento regido pela Resolução CGRAD nº 35/2017 (CEFET-MG, 2017), que revisou o Programa Institucional de Educação Tutorial do CEFET-MG. É formado por um tutor, três cotutores, seis bolsistas e quatro não bolsistas. Ocasionalmente, outros alunos e professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, além daqueles ligados ao curso técnico em Meio Ambiente, envolvem-se nas atividades desenvolvidas pelo grupo. O funcionamento do PET

é baseado em decisões democráticas, em que cada membro tem direito a um voto, incluindo o tutor e os cotutores, e cada reunião semanal tem um coordenador para sua condução e elaboração da respectiva ata.

Durante os primeiros anos de funcionamento do PET-Ambiental (2015-2018), foram desenvolvidas diversas atividades de ensino-pesquisa-extensão. Com foco na comunidade acadêmica e no público externo, foram realizadas atividades como cinedebate, campanhas de combate ao desperdício de alimentos nos refeitórios (com intervenção teatral, esquetes, cartazes, filmes etc.), oficinas de compostagem, criação de página em rede social, entre outras (Figura 1).

Figura 1 – Atividades do PET Ambiental. (a) Apresentação teatral para as pessoas na fila do refeitório do *Campus I* do CEFET-MG (2015); (b) Oficina de compostagem na comunidade da Serra do Cipó (2015)



(a)

(b)

Fonte: arquivo pessoal dos autores

Ainda como atividades do PET Ambiental, pesquisas foram realizadas nas áreas de tratamento de água, aproveitamento de resíduos, fitorremediação, tecnologias limpas (reuso de águas, jardim vertical, entre outras), com fotos ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Atividades de pesquisa do PET Ambiental. (a) Pesquisa de adequação da Estação Piloto de Tratamento de Água da Copasa; (b) Monitoramento de pilha de compostagem com resíduos dos refeitórios do CEFET-MG



(a)

(b)

Fonte: arquivo pessoal dos autores

O relatório anual das atividades do PET, que é uma exigência da Comissão Interna de Avaliação dos Grupos PETs do CEFET-MG, apresenta as seguintes considerações:

[...] as atividades, em sua grande maioria, apresentaram natureza coletiva e interdisciplinar, com o envolvimento de alunos e servidores da Instituição,

permitindo, em várias ocasiões, a participação de outros professores da Instituição e dos demais alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do curso de Administração e do técnico em Meio Ambiente. Ademais, propiciaram uma visão ampla da atuação do futuro profissional da Engenharia Ambiental e Sanitária, abrangendo desde o conhecimento e/ou aprofundamento de tecnologias nas áreas de Tratamento de Água, Gestão de Resíduos Sólidos, Recuperação de Áreas Degradadas, Ecologia, Educação Ambiental, entre outras, até a relevância do contexto social, econômico e ambiental em que se desenvolvem as atividades técnicas. As atividades desenvolvidas proporcionaram, além disso, o aprendizado de habilidades ligadas à pesquisa, à difusão tecnológica e à extensão, através da organização de oficinas, palestras, campanhas socioeducativas e da elaboração de material didático e científico, sempre se optando por metodologias de comunicação adequadas a públicos diferenciados (comunidade interna, externa, nível de escolaridade, conhecimento anterior do tema etc.). Por fim, as atividades possibilitaram o exercício da democracia dentro e fora do grupo, através do respeito a opiniões divergentes,

da igualdade de direitos e deveres entre alunos e tutores e da construção coletiva da condução das atividades¹.

Já o Programa Assistencial “Bolsa de Complementação Estudantil”, do CEFET-MG, tem possibilitado aos alunos, selecionados por critério de renda familiar, a oportunidade de realizarem atividades relacionadas à sua grade curricular, em projetos de ensino, pesquisa e extensão. No âmbito desse Programa, é realizado, desde 2015, o Projeto “Implantação de Unidades de Compostagem no CEFET-MG”. Os bolsistas realizam o monitoramento dos parâmetros técnicos do processo de compostagem e auxiliam a ministrar oficinas de compostagem e a elaborar materiais técnicos, como o “manual técnico de operação de compostagem”, que será disponibilizado aos *campi* da instituição.

Na esfera dos dois projetos, vários trabalhos já foram apresentados em eventos científicos e possibilitaram a publicação de artigos em congressos científicos, como no XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental (ENEEAMB) (FARIA *et al.*, 2017) e no XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) (DUARTE *et al.*, 2017; RESENDE *et al.*, 2017), além da publicação de um capítulo de livro (ZAGO *et al.*, 2016).

1 ZAGO, V. C. P. **Relatório de atividades do grupo PET-Ambiental**. 2016.

5 PARCERIA INTERNACIONAL EM METODOLOGIA BASEADA EM PROJETOS

Esta seção aborda um exemplo de “metodologia baseada em problemas e em projetos”, envolvendo uma parceria entre o CEFET-MG e a Universidade de Leuphana, na Alemanha. O projeto envolveu os alunos das disciplinas de “Recuperação de Áreas Degradadas”, ofertada como optativa ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, e de “Mineração e Sustentabilidade”, da Universidade de Leuphana, Luneburgo (Alemanha), entre os anos de 2016 e 2018. O objetivo da atividade proposta foi verificar os impactos ambientais e socioeconômicos da mineração para um determinado município e propor resoluções para os problemas diagnosticados.

Na disciplina “Recuperação de Áreas Degradadas”, durante as primeiras aulas de cada semestre, são aventadas, com os alunos, sugestões de atividades a serem desenvolvidas no período. Em 2016, mediante o recente rompimento da barragem de rejeitos de mineração da Samarco – ocorrido em novembro de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues, distante 150 km de Belo Horizonte e pertencente ao município de Mariana, estado de Minas Gerais –, os alunos propuseram uma visita técnica até o local.

O projeto foi realizado em duas etapas, sendo a primeira de responsabilidade do tutor e dos alunos do CEFET-MG, que consistiu em uma visita técnica, entrevistas e elaboração de relatórios técnicos compilando dados de

órgãos ambientais. A segunda etapa, sob encargo do tutor e dos alunos da Universidade de Leuphana, incluiu a realização de campanha de sensibilização, através de exibição de vídeo, confecção de cartazes e explanações à comunidade acadêmica, realização de seminário sobre “Mineração e Sustentabilidade”, criação de plataforma web de conteúdos e página em redes sociais sobre o tema.

Em ambas as disciplinas, os professores atuaram como tutores, auxiliando na logística das visitas técnicas e nos demais materiais que foram utilizados, como na condução das atividades propostas. Consideraram-se, como critérios de avaliação do projeto, o desenvolvimento de competências individuais e em grupo e o cumprimento das metas. A cada semestre, uma etapa do projeto foi conduzida, e um produto foi entregue pelos alunos.

Durante a primeira visita a Bento Rodrigues (1º semestre de 2016), realizada pelos alunos do CEFET-MG, foi possível perceber os danos sociais e ambientais causados pelo rompimento da barragem e pela enxurrada de lama de rejeitos que invadiu Bento Rodrigues. Como o subdistrito foi completamente destruído, os alunos puderam verificar os destroços das construções e a destruição dos componentes dos ecossistemas (solo, córrego e vegetação), que foram soterrados pela lama de rejeitos. O desastre ocasionou a morte de 19 pessoas e deixou várias comunidades rurais destruídas. Os alunos registraram imagens dos danos observados na ocasião da visita, ilustradas na Figura 3.

Figura 3 – Fotos realizadas pelos alunos durante a visita técnica. (a) Antiga escola de ensino fundamental; (b) Córrego Gualaxo do Norte após seis meses do rompimento da barragem do Fundão, em Bento Rodrigues, Mariana-MG



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Durante a visita, os alunos fizeram, por iniciativa própria, um vídeo jornalístico retratando suas impressões sobre as consequências do desastre. Além disso, também tiveram oportunidade de entrevistar o Secretário de Meio Ambiente de Mariana-MG e uma funcionária do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), que estavam no local.

No segundo semestre de 2016, com uma nova turma de alunos da disciplina, uma segunda visita a Bento Rodrigues foi realizada. Naquela ocasião, os alunos realizaram a coleta dos rejeitos para análises físicas e químicas, além de registros fotográficos. Posteriormente, os alunos, divididos em grupos, realizaram ensaios em vasos, com plantas com potencial para fitorremediação, de modo a avaliar o seu desenvolvimento crescendo

sobre os rejeitos coletados. No experimento, parâmetros de crescimento vegetal foram analisados, e os dados, trabalhados utilizando ferramentas de estatística. O produto final foi a redação de um resumo expandido apresentado em evento nacional, o XV ENEEAMB (FREITAS *et al.*, 2017).

No segundo semestre de 2017, em uma terceira visita ao subdistrito de Bento Rodrigues, os alunos fizeram novos registros fotográficos e um vídeo entrevistando ex-moradores e um técnico da Defesa Civil da cidade de Mariana-MG. O material produzido durante a visita foi utilizado, juntamente com uma revisão bibliográfica, para a elaboração de relatórios técnicos, posteriormente traduzidos para o inglês (por dois alunos da disciplina do CEFET-MG) e encaminhados aos alunos da Universidade de Leuphana.

Após um debate sobre as impressões dos alunos quanto à visita e às entrevistas, houve a sugestão, por um deles, de se realizar uma exposição fotográfica, para relembrar o desastre socioambiental à sociedade, passados dois anos da sua ocorrência. Os alunos selecionaram as vinte melhores fotos realizadas durante as três visitas a Bento Rodrigues para compor a exposição, realizada durante a primeira semana de novembro de 2017. A exposição foi instalada no *hall* do restaurante universitário do *campus* I do CEFET-MG, por onde passam em torno de 1500 pessoas por dia. À frente das fotos –duas delas ilustradas na Figura 4 –, foi afixado um *banner* com informações do desastre, com o título “Uma tragédia humana e ambiental” (Figura 4).

Figura 4 – Fotos da exposição realizada no segundo semestre de 2017. (a) Alunos e ex-moradores durante uma das visitas técnicas a Bento Rodrigues-MG; (b) *Hall do campus I* do CEFET-MG



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Durante as aulas teóricas da disciplina “Recuperação de Áreas Degradadas”, a temática “Mineração, impactos socioambientais e tecnologias de recuperação ambiental” foi extensamente debatida, criando um ambiente de discussão no qual os alunos da Engenharia Ambiental e Sanitária puderam refletir sobre o papel do profissional, tanto o exercido nas empresas privadas, órgãos públicos e entidades do terceiro setor, quanto como cidadão.

Devido ao calendário escolar das duas universidades serem diferentes, as atividades dos alunos do CEFET-MG foram iniciadas e terminadas antes daquelas dos alunos da Universidade de Leuphana. A partir do levantamento bibliográfico e documental, os alunos da universidade alemã buscaram subsídio para o planejamento das suas atividades, baseando-se nas seguintes questões: por que o desastre de Bento Rodrigues tem relevância internacional? Os tratados de comércio internacional

fazem referência à responsabilidade social e ambiental? Os cidadãos europeus têm conhecimento dos impactos gerados a partir do consumo de produtos associados às atividades potencialmente poluidoras em outros países?

Os alunos da universidade alemã utilizaram também relatórios, fotos e vídeo produzidos pelos alunos do CEFET-MG. A partir desse material e da revisão bibliográfica, uma campanha de sensibilização foi realizada, com diferentes tipos de abordagens. As seguintes atividades foram concretizadas: i) exposição de fotos; ii) abordagem interativa com exibição do vídeo contendo as entrevistas realizadas com ex-moradores de Bento Rodrigues (oriundo do trabalho desenvolvido pelos alunos do CEFET-MG); iii) confecção de *banners* com frases sugestivas e imagens impactantes. Um estudo sobre a percepção social foi realizado durante a abordagem interativa, em que os alunos desenvolveram questionários *on-line* e físicos nos quais inquiriam a comunidade alemã sobre mineração, sustentabilidade, conhecimento sobre o desastre, entre outros aspectos (Figura 5).

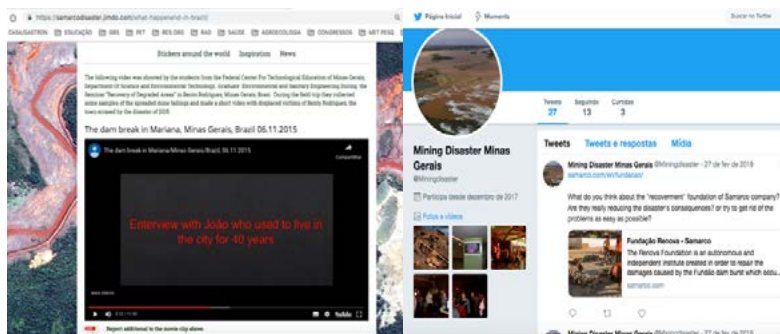
Figura 5 – Fotos produzidas pelos alunos da Universidade de Leuphana (Alemanha). (a) Durante a campanha de conscientização sobre o desastre ambiental ocorrido em Mariana (Brasil); (b) Apresentação dos alunos da disciplina “Mineração e Sustentabilidade”, em 2018



Fonte: arquivo pessoal dos autores

Os alunos da Universidade de Leuphana também usaram as mídias sociais, criando uma página na Internet e no Twitter, apresentando reportagens sobre a mineração no mundo e no Brasil e, em particular, sobre o desastre em Bento Rodrigues e as suas consequências socioambientais (Figura 6).

Figura 6 – Mídias sociais criadas pelos alunos da Universidade de Leuphana (Alemanha) para a campanha “Sensibilização da comunidade europeia sobre o desastre de Bento Rodrigues”. (a) Página da Internet; (b) Página do Twitter.



(a)

(b)

Fonte: Samarco Disaster² [2018?] e Mining Disaster Minas Gerais³ (2018)

Também foi conduzido pela professora da disciplina “Mineração e Sustentabilidade” um seminário, no formato de WebConferência, com uma palestra de um especialista em fitorremediação – tecnologia de baixo custo para a recuperação de áreas contaminadas – e a apresentação oral dos trabalhos realizados pelos alunos.

A partir das experiências relatadas, pôde-se perceber que as metodologias ativas aplicadas possibilitaram o ensino-aprendizado, desenvolvendo o pensamento complexo ao interligarem as consequências sociais,

2 Sítio criado pelos alunos: <https://samarcodisaster.jimdo.com>

3 Página no Twitter: <https://twitter.com/Miningdisaster>

econômicas e ambientais reais causadas pelo rompimento da barragem de rejeitos do Fundão. Segundo relato dos alunos brasileiros, a atividade de maior impacto para eles foram as entrevistas realizadas com os ex-moradores, que ocorreram exatamente no local do desastre. Esse contato com a realidade concreta das vítimas, presenciando seus sentimentos de tristeza, perda e frustração, conduz à empatia e à reflexão sobre a responsabilidade social relacionada às atividades profissionais. Ademais, os alunos puderam testar alternativas tecnológicas para a resoluções dos problemas ambientais percebidos, como os experimentos com fitorremediação.

Também foi possível correlacionar a atividade de mineração com aspectos macroeconômicos mundiais, relacionando-a com a produção dos itens de consumo cotidiano, por meio da análise do ciclo de vida dos minérios. Tal análise, realizada pelos alunos alemães, permitiu vincular a Mineradora Samarco, que é uma *joint venture* dos dois gigantes da mineração, BHP Billiton e Vale SA, a um grande processador de metal na Alemanha, entre outros. Os alunos apresentaram, em suas explicações ao público abordado, alternativas de compra, de forma a promover cadeias de produção e consumo menos impactantes ao meio ambiente e às comunidades locais.

Morin (2007) afirma que o pensamento complexo possibilita entender a realidade como sistemas em que estão envolvidos homem, sociedade, galáxia, átomos, células, meio ambiente, cultura e os demais fenômenos existentes que interferem e sofrem interferência

desses fatores. Dessa forma, não é possível haver uma forma de ciência isolada, através de conhecimentos compartimentalizados, descontextualizados ou reduzidos, dominantes no paradigma da ciência moderna. Os grandes problemas que a humanidade vivencia deixaram de ser particulares e tornaram-se mundiais. Por esse motivo, o autor enfatiza que se deve orientar por um pensamento que contemple o conjunto global, que contextualize e interligue os problemas dos seres humanos.

Por fim, como reflexão da aplicação dessas atividades baseadas nas metodologias ativas na graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, pode-se acordar com Cörvers *et al.* (2016), reiterando que a Aprendizagem Baseada em Problemas e em Projetos fomenta um processo de inovação educacional, ao considerar que este está centrado no aluno e é experiencial, interativo, situado e social, em vez de um processo unilateral, em que o professor transmite conhecimento aos alunos.

Ademais, a adoção das metodologias ativas aqui descritas compatibiliza-se com a Resolução MEC/CNE/CES nº 02/19, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Engenharia (CNE, 2019). Em seu art. 3º, as DCNs explanam que o perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características:

I - ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;

II - estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;

III - ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;

IV - adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

V - considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;

VI - atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

E complementam, ainda, no art. 6º, inciso VIII:

[...] § 2º Deve-se estimular as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, necessárias para o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso, incluindo as ações de extensão e a integração empresa-escola.”

§ 4º Devem ser implementadas, desde o início do curso, as atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade, de modo coerente com o eixo de desenvolvimento curricular, para integrar as dimensões

técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas.

§ 6º Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As oportunidades e os recursos pedagógicos das metodologias ativas ensejam uma exposição dos alunos, em geral, a uma problematização concreta ou simulada e, conseqüentemente, submete-os a desafios que não estariam disponíveis nas metodologias tradicionais. Esses desafios possibilitam que os alunos, enquanto sujeitos na busca de resoluções, estabeleçam as relações existentes entre a teoria e a prática, promovendo um maior entendimento do papel do profissional na sociedade.

Além disso, constata-se que as metodologias ativas podem fomentar, na prática, o caráter inter e transdisciplinar, tão propagados nos estudos pedagógicos modernos. Contemporaneamente, existe um significativo escopo científico sobre as suas aplicações, no entanto, há que destacar a importância da iniciativa e criatividade docente e discente em sua implementação. A exemplo da parceria internacional aqui descrita, que surgiu da iniciativa das docentes e resultou num campo fértil de trabalhos acadêmicos,

envolvendo ensino, pesquisa e extensão, a partir da construção conjunta entre alunos e professores. Essas metodologias requerem predisposição dos docentes e também dos discentes, mas, durante a sua aplicação prática, suas particularidades vão sendo assimiladas e seu caráter inovador e inclusivo no processo ensino-aprendizagem motivam a continuidade da sua utilização.

Tais atividades, desenvolvidas ao longo dos dez anos de existência do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, mostraram a relevância das metodologias ativas para o curso e a sua congruência com os princípios epistemológicos, axiológicos e teleológicos preconizados no seu projeto pedagógico e com as novas DCNs dos cursos de graduação em Engenharia.

REFERÊNCIAS

ALBANESE, M. A.; MITCHELL, S. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. **Academic Medicine**, v. 68, n. 1, p. 52-81, 1993.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active Learning**: creating excitement in the classroom. Washington: The George Washington University, 1991.

BOUD, D. Foreword. In: CARLESS, D.; JOUGHIN, G.; LIU, N.-F. (ed.) **How assessment supports learning**:

learning-oriented assessment in action. Hong Kong: Hong Kong University Press, 2006. p. ix-x.

CEFET-MG. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG**. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2013. Disponível em: <http://www.eng-ambiental.bh.cefetmg.br/?s=ppc>. Acesso em: mai. 2021.

CEFET-MG. **Resolução CGRAD 35/2017**. Revisa o Programa Institucional de Educação Tutorial do CEFET-MG, aprovado pela Resolução CGRAD 010/14, de 14 de maio de 2017. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2017. Disponível em: http://www.dirgrad.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/81/CGRAD/resolucoes/2017/Resolucao-CGRAD-35_17-Resolu%C3%A7%C3%A3o-PET.pdf. Acesso em: mai. 2021.

CHUN-XIA, W. Values Education of social work in China. **Journal of Eastern Liaoning University (Social Sciences)**, v. 12, n. 2, 2010.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: MEC, 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: mai. 2021.

COELHO, D. T. R. *et al.* Determinantes sociais da saúde na zona da mata de Minas Gerais. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE*, 14., 2017, Poços de Caldas. **Anais** [...].Poços de Caldas: CNMA de Poços de Caldas, 2017.

CÔRTEZ, G. M. *et al.* Importância do zoneamento no gerenciamento de resíduos sólidos em Belo Horizonte: regional oeste. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE*, 14., 2017, Poços de Caldas. **Anais** [...]. Poços de Caldas: CNMA de Poços de Caldas, 2017.

CÖRVERS, R. *et al.* Problem-based and project-based learning for sustainable development. *In: HEINRICHS, H. et al. (ed.) Sustainability Science*. Dordrecht: Springer, 2016. p. 349-358.

COSTA, E. R. H. *et al.* Processo de transformação pessoal e profissional através da avaliação da gestão ambiental de uma fábrica de transformadores em Contagem-MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 46., 2018, Salvador. **Anais** [...].Salvador: ABENGE, 2018a.

COSTA, E. R. H. *et al.* Relato da vivência a partir da análise da efetividade da barragem santa lúcia para minimização de cheias na região centro-sul de Belo Horizonte. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 46., 2018, Salvador. **Anais** [...].Salvador: ABENGE, 2018b.

DORESTANI, A. Is interactive/active learning superior to traditional lecturing in economics courses? **Humanomics**, v. 21, n. 1, p. 1-21, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1108/eb018897>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb018897/full/html>. Acesso em: jan. 2021.

DUARTE, F. A. P. *et al.* Proposta para a destinação de resíduos orgânicos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29., 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABES, 2017.

EBERT-MAY, D.; BREWER, C.; ALLRED, S. Innovation in large lectures: teaching for active learning. **Bioscience**, v. 47, n. 9, p. 601-607, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/1313166>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1313166>. Acesso em: jan. 2021.

FARIA, L. R. *et al.* Compostagem dos resíduos orgânicos no CEFET-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL (ENEEAMB), 15., 2017, Belo Horizonte. **Anais** [...]. São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/293/26820>. Acesso em: mai. 2021.

FORTUNATO, R. A.; NEFFA, E.; MIRANDA, M. G. Potencialidades das visitas técnicas para o

desenvolvimento de competências: o caso da horta comunitária do Morro da Coroa. **Ambiente & Educação. Revista de Educação Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 29-45, 2012. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/2556>. Acesso em: jan. 2021.

FREITAS, J. E. *et al.* Desenvolvimento vegetativo inicial de citronela em rejeito de minério de ferro da barragem de fundão, Bento Rodrigues-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL (ENEEAMB), 15., 2017, Belo Horizonte. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/293/26709>. Acesso em: mai. 2021.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022011005000011>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022012000200009. Acesso em: mai. 2021.

GONZÁLEZ, M. R. El enfoque por competencias en el EEES y sus implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje. **Tendencias Pedagógicas**, v. 13, p. 79-105, 2008. Disponível em: <https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/1892>. Acesso em: jan. 2021.

MARTINS, I. L. **Educação Tutorial no ensino presencial**: uma análise sobre o PET. PET–Programa de Educação Tutorial: estratégia para o desenvolvimento da graduação. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2007.

MARTINS, V. W. B. **Análise do desenvolvimento de competências gerenciais na construção civil através do modelo da Aprendizagem Baseada em Problemas adaptado ao contexto organizacional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/3542>. Acesso em: jan. 2021.

MICHEL, N.; CATER III, J. J.; VARELA, O. Active versus passive teaching styles: an empirical study of student learning outcomes. **Human Resource Development Quarterly**, v. 20, n. 4, p. 397-418, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/hrdq.20025>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hrdq.20025>. Acesso em: jan. 2021.

MILLER, J. S. Problem-based learning in organizational behavior class: solving students' real problems. **Journal of Management Education**, v. 28, n. 5, p. 578-590, 2004.

MINER JR, F. C.; DAS, H.; GALE, J. An investigation of the relative effectiveness of three diverse

teaching methodologies. **Organizational Behavior Teaching Review**, v. 9, n. 2, p. 49-59, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1177/105256298400900207>. Disponível: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/105256298400900207>. Acesso em: jan. 2021.

MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 2-25.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. In: SOUSA, C. A.; MORALES, O. E. T. (ed.) **Convergências midiáticas, educação e cidadania**: aproximações jovens, volume II. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2015. p. 15-33.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

PERIS-ORTIZ, M.; LINDAHL, J. M. M. **Sustainable learning in higher education**: Developing competencies for the global marketplace. Switzerland: Springer, 2015.

RANGEL, M. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas**. 3. ed. São Paulo: Papirus, 2007.

RESENDE, I. D. *et al.* Construção de jardins verticais de baixo custo para revitalização de áreas urbanas.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29. 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABES, 2017.

SANMARTÍN, J. **Tecnología y futuro humano**. Barcelona: Anthropos, 1990.

SHARMA, M. A case study: Active Learning approaches to improve learning in Electrical Network. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 31, n. 3, p. 53-57, 2018. Disponível em: <http://www.journaleet.org/index.php/jeet/article/view/120757>. Acesso em: jan. 2021.

SOARES, D. *et al.* Diagnóstico para a otimização do sistema de gestão dos resíduos sólidos na Regional Centro-Sul do Município de Belo Horizonte: uma análise das forças e fraquezas, oportunidades e ameaças. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 10, p. 319-343, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2016.10.015>. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2182-12672016000200016. Acesso em: mai. 2021.

THEBIT, F. S. *et al.* Influência da escolaridade materna nos indicadores de saúde infantil na região metropolitana de Belo Horizonte – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 43., 2015, Mauá-SP. **Anais** [...]. Mauá: ABENGE, 2015.

UNESCO. **Educação para a cidadania global: preparando alunos para os desafios do século XXI.** Brasília, DF: UNESCO, 2015. 44 p.

VAN EYNDE, D. F.; SPENCER, R. W. Lecture versus experiential learning: their differential effects on long-term memory. **Organizational Behavior Teaching Review**, v. 12, n. 4, p. 52-58, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1177/105256298801200404>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/105256298801200404>. Acesso em: jan. 2021.

WHETTEN, D. A.; CLARK, S. C. An integrated model for teaching management skills. **Journal of Management Education**, v. 20, n. 2, p. 152-181, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1177/105256299602000202>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/105256299602000202>. Acesso em: jan. 2021.

ZAGO, V. C. P. *et al.* Avaliação da gestão dos resíduos sólidos nos laboratórios do CEFETMG: *campus II*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 42., 2014, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: ABENGE, 2014.

ZAGO, V. C. P. *et al.* Impacto do desperdício de alimentos sobre a emissão de gases de efeito estufa: estudo de caso do refeitório do CEFET-MG – Campus I. In: GUERRA,

J. B. S. O. A. *et al.* [ed.] **Links 2015**: os elos entre os consumos de água, energia e alimentos, no contexto das estratégias de mitigação das mudanças climáticas. Florianópolis: Unisul. 2016. cap. 6.

Capítulo 8

ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA DE APRENDIZADO EM UMA INSTALAÇÃO PILOTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Elizabeth Regina Halfeld da Costa

Valéria Cristina Palmeira Zago

1 INTRODUÇÃO

Os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia devem envolver a aplicação prática vivenciada pelos estudantes, que, muitas vezes, manifestam-se desmotivados por não conseguirem visualizar como aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação na qual recebem formação para atuar na função de engenheiro. Dessa forma, é comum que esses estudantes curse disciplinas cuja única

aplicação prática é a resolução de problemas teóricos. A experiência prática desenvolvida com modelos em escala reduzida, desde as disciplinas iniciais do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, permite ao estudante conhecer a metodologia de desenvolvimento de projetos de Engenharia. As curiosidades científica e prática tornam-se, assim, um poderoso incentivo ao estudante.

O papel ativo do professor como idealizador de propostas constitui uma estratégia pedagógica decisiva. Sob a orientação de professores, os estudantes devem desenvolver habilidades para levantar questões e problemas, de modo que os desafios bem planejados contribuam para o desenvolvimento das competências (CEFET-MG, 2013).

No presente capítulo é apresentado o resultado do ensino-aprendizado dos estudantes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), sob a orientação de professores que propiciaram vivências de problemas práticos existentes em uma Instalação Piloto de tratamento de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). A experiência relatada neste capítulo foi desenvolvida por meio do Programa de Educação Tutorial Institucional (PET-Ambiental) do CEFET-MG e contou com a parceria entre a COPASA e o CEFET-MG.

O capítulo será exposto sequencialmente em três etapas, sendo que a primeira consiste na contextualização da estratégia de aprendizado utilizada e na apresentação

do objeto de estudo, “a instalação piloto”; a segunda descreve o desenvolvimento da estratégia pedagógica para alcançar o aprendizado; e a última, conclusiva, descreve o aprendizado adquirido pelos estudantes por meio da estratégia utilizada.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

As pesquisas indicam que a “aprendizagem ativa” é uma estratégia de ensino muito eficaz quando comparada com os métodos de ensino tradicionais, como a aula expositiva. Estudos desenvolvidos por Van Eynde e Spencer (1988) revelam que o método tradicional de palestras, ainda predominante, mostrou que os alunos não conseguem reter tanto material após a conclusão da aula em comparação com as aulas ministradas em um ambiente ativo. Outra desvantagem do ensino tradicional parece ser a falta de atenção do aluno, o que muitos educadores observaram em suas próprias aulas (DORESTANI, 2005).

A “aprendizagem ativa” fornece um extraordinário mecanismo para melhorar a profundidade do aprender. Os alunos ficam mais envolvidos no processo de aprendizagem, em vez de apenas participar passivamente dele. Menos ênfase é colocada na transmissão de informações e mais sobre o desenvolvimento de habilidades dos alunos (CHUN-XIA *et al.*, 2010). Com métodos ativos, os alunos assimilam maior volume de conteúdo, retêm a informação por mais tempo

e aproveitam as aulas com mais satisfação e prazer (SILBERMAN, 1996). Segundo Martins (2013), a dúvida e o questionamento são intermediadores da metodologia ativa baseada em problemas, uma vez que, por meio deles, o aluno se torna construtor do próprio conhecimento. Sobre metodologias ativas, Moran (2015) afirma que elas são pontos de partida para processos mais avançados de reflexão. Estudos comparando turmas de alunos com e sem a adoção de metodologias ativas realizados por Dorestani (2005), Ebert-May *et al.* (1997), Michel, Cater III e Varela (2009) e Sharma (2018) concluíram que as metodologias ativas apresentaram resultados positivos de aprendizado em relação àquelas tradicionais.

A Aprendizagem Baseada em Problemas tem como alicerce de inspiração os princípios da escola ativa, do método científico, de um ensino integrado e integrador dos conteúdos, dos ciclos de estudo e das diferentes áreas envolvidas, em que os alunos se preparam para resolver problemas relativos às suas futuras profissões. Segundo Borochovcicius e Tortella (2014), o método da Aprendizagem Baseada em Problemas tem como propósito tornar o aluno capaz de construir o aprendizado conceitual, procedimental e atitudinal por meio de problemas propostos que o expõe a situações motivadoras e o prepara para o mundo do trabalho. A Aprendizagem Baseada em Problemas procura transformar um problema, usando-o como base de motivação para o aprendizado, dando ênfase à construção do conhecimento em ambiente colaborativo. A ideia não é ter sempre o problema resolvido no final,

mas sim enfatizar o processo seguido pelo grupo na busca de uma solução, valorizando a aprendizagem autônoma e cooperativa (ARAUJO; SASTRE, 2009).

O papel ativo do professor como idealizador de caminhos, seja de atividades individuais ou de grupo, é decisivo. Os estudantes, sob a orientação de professores, desenvolvem a habilidade de levantar questões e problemas, com os desafios correspondentes. Nas etapas de formação dos futuros profissionais, os alunos precisam de acompanhamento na busca da construção do aprendizado, de modo a estabelecer conexões ainda não percebidas, superando as etapas de forma mais rápida, e a confrontá-los com novas possibilidades de abordagem dos conteúdos.

Villas-Boas e Mattasoglio Neto (2011) relataram a experiência do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, envolvendo um Programa de Educação Tutorial (PET), em que os procedimentos adotados focaram no aprendizado colaborativo, permitindo uma construção compartilhada do conhecimento. Esse aprendizado colaborativo foi realizado por grupos de alunos, na perspectiva tutorial e dentro da visão da relação ensino-aprendizagem. Essa construção busca utilizar a presença do tutor, bem como a interação entre estudantes com diferentes níveis de conhecimento e experiência, abrindo espaços potenciais de construção compartilhada deste. Exemplos de projetos realizados pelos grupos tutoriais, interagindo com os alunos dentro da estrutura curricular normal e com alunos integrantes de um Programa de Mobilidade Acadêmica mostraram as diversas possibilidades de utilização destas posturas como

forma de construir os componentes do perfil profissional do engenheiro da atualidade.

Nesse contexto, o processo de aprendizagem relatado neste capítulo se estabeleceu envolvendo um Programa de Educação Tutorial (PET-Ambiental) do CEFET-MG e a partir de uma parceria entre a instituição de ensino, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), a qual demandava estudos em uma Instalação Piloto (IP) de tratamento de água, construída em fibra de vidro, para ensaios em escala reduzida de diferentes tecnologias. O aprendizado dos alunos se deu por meio do estudo de vazão de projeto e de operação da Instalação Piloto (IP), do conhecimento de suas dimensões e dos seus parâmetros hidráulicos, comparando-os com a literatura pertinente (ABNT, 1992; DI BERNARDO, DANTAS, 2005; PARLATORE 1972; VIANNA, 2002). Na Figura 1, tem-se a vista geral da IP de tratamento de água da COPASA estudada no presente capítulo.

Figura 1 – Vista geral da Instalação Piloto de tratamento de água da COPASA, Belo Horizonte-MG



Fonte: arquivo pessoal

A Instalação Piloto da COPASA tem flexibilidade para trabalhar com diferentes tecnologias de tratamento de água, tais como: i) ciclo completo por decantação em decantadores de manto de lodo ou de alta taxa; ii) ciclo completo com flotação por ar dissolvido; iii) filtração direta descendente, ascendente e dupla-filtração, podendo a filtração descendente se estabelecer com ou sem pré-floculação. A instalação ainda considera a possibilidade de se investigar quatro tempos distintos de floculação, dependendo de sua operação com uma, duas, três ou quatro unidades, que serão utilizadas dependendo da variação da qualidade das águas, a

serem estudadas em conjunto com as tecnologias mais adequadas às suas características.

O desafio dado aos alunos foi executar estudos referentes ao dimensionamento e ao funcionamento da instalação, procurando uma vazão que atendesse a todas as unidades e tecnologias desta. Ao longo do percurso, os alunos encontraram inconsistências no projeto e na instalação construída, as quais os levaram a questionamentos capazes de motivar na busca por soluções apropriadas à situação encontrada.

O desenvolvimento de vivências práticas na Instalação Piloto serviu como oportunidade para aplicar os conhecimentos teóricos e desenvolver habilidades efetivas no conteúdo de tratamento de água e de outras disciplinas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG. A disciplina de Tratamento de Águas é ministrada no 9º período do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Nessa disciplina, são abordados métodos e técnicas de tratamento de água. As disciplinas de Hidráulica I e II, ministradas a partir do quinto período do curso, são pré-requisito para a disciplina de Tratamento de Águas. Nesse contexto, poderiam participar do projeto “Estação Piloto ETA-Copasa”, inserido do grupo PET-Ambiental, estudantes que estivessem cursando do 6º período em diante, já que a partir desse semestre os estudantes já possuem as condições conceituais técnicas básicas necessárias.

3 DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA

O trabalho foi desenvolvido a partir da formação de grupos com, no máximo, cinco estudantes de diferentes semestres, a partir do sexto, que participavam do Programa PET-Ambiental. O período de desenvolvimento de todas as etapas foi de um ano, aproximadamente, contados desde os primeiros levantamentos até a entrega do relatório final. As atividades foram estrategicamente planejadas para serem desenvolvidas em etapas, descritas nas subseções 3.1 a 3.6.

3.1 Levantamento da literatura

A primeira etapa foi desenvolvida pelos estudantes de Engenharia Ambiental e Sanitária concomitantemente às demais etapas. Os estudantes entraram em contato com a literatura básica (ABNT, 1992; DI BERNARDO, DANTAS, 2005; PARLATORE, 1972; VIANNA, 2002), ao mesmo tempo que a vivência e os questionamentos aconteciam, possibilitando o aumento do interesse em relação ao aprendizado. O aprofundamento da literatura referente a projetos de estação de tratamento de água partiu dos conceitos mais básicos aos mais específicos, envolvendo as etapas do tratamento, o dimensionamento das unidades e o conhecimento das tecnologias que compõem a Instalação Piloto (IP).

No desenvolvimento da primeira etapa, ficou claro que a busca constante e contínua da literatura associada à resolução de problemas práticos realmente se mostrou mais eficaz no ensino, possibilitando aos estudantes assimilarem um maior volume de conteúdo, retendo a informação por mais tempo e evidenciando um aprendizado com mais satisfação e prazer.

3.2 Estudo e aferição das dimensões das unidades da IP

Na segunda etapa, os estudantes conheceram a IP da COPASA, suas unidades e suas tecnologias de tratamento de água. Em conjunto com a revisão bibliográfica realizada na primeira etapa, os estudantes puderam entender a relação entre as tecnologias de tratamento de água e a utilização delas considerando a qualidade da água a ser tratada.

Em seguida, os alunos aferiram as dimensões das unidades que compõem cada tecnologia de tratamento, conferindo as medidas do projeto com as da instalação. A aferição foi realizada por dois grupos de estudantes diferentes, os quais trocavam informações no intuito de conferir e avaliar o dimensionamento, tanto no projeto quanto na instalação construída.

Nesta etapa, o contato com o projeto e com a IP de tratamento de água foi dinâmico e colocou em prática as disciplinas ligadas à elaboração de projetos ministradas no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do

CEFET-MG. A aferição das dimensões das unidades que compõem a instalação e o constante contato com a literatura possibilitaram a construção do conhecimento científico em ambiente colaborativo.

3.3 Estudo das vazões e parâmetros hidráulicos na IP

De posse das dimensões reais de cada unidade da IP, os alunos foram orientados a estabelecer os parâmetros hidráulicos e a vazão de trabalho adequada a todas as unidades que compunham a instalação, considerando as tecnologias de tratamento de água. Para a determinação dos parâmetros hidráulicos e da vazão da instalação, os estudantes foram instruídos a considerar as dimensões reais aferidas nas unidades, uma vez que as medidas preestabelecidas no projeto nem sempre eram as mesmas da instalação construída. Assim, os parâmetros hidráulicos e a vazão da instalação foram estabelecidos pelos discentes, de acordo com o recomendado pela NBR 12216/92 (ABNT, 1992) e pela literatura consultada na primeira etapa (subseção 3.1).

Na terceira etapa, os técnicos da COPASA questionaram sobre a possibilidade de determinar uma faixa de vazão de trabalho da estação. Baseados nos cálculos envolvendo os parâmetros hidráulicos da IP e em longas discussões, os estudantes concluíram que, devido às pequenas dimensões da IP, não era possível determinar uma faixa de vazão, e sim uma única vazão que atenderia a maior parte das unidades.

Determinada a vazão de operação da IP, os estudantes constataram que esta não atendia simultaneamente a todas as unidades, em cada tecnologia de tratamento. Tal questionamento os motivou na busca de soluções.

Nessa etapa, o conhecimento adquirido por meio da literatura e o contato frequente e direto com a instalação deram aos alunos um pensamento crítico sobre o projeto, a instalação e a operação da IP. As discussões em grupo, com a ajuda do professor orientador, propiciaram aos estudantes a constatação das inadequações na IP.

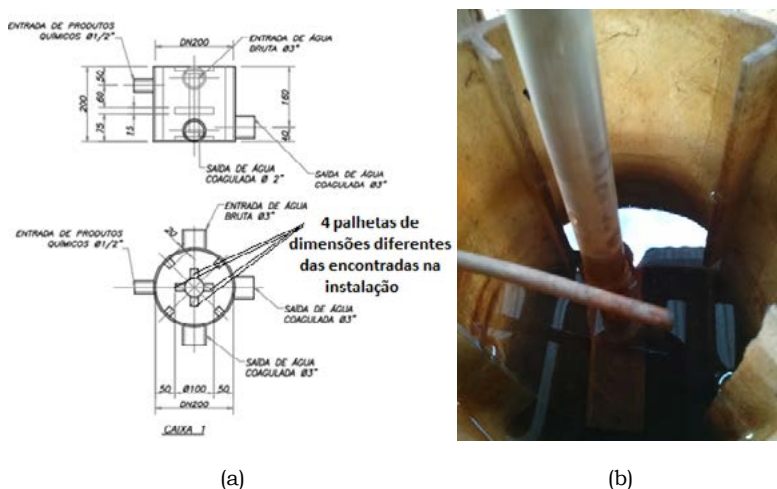
3.4 Constatação das inadequações na IP

Na quarta etapa, foram constatadas inadequações nas unidades de mistura rápida e de floculação, descritas nas subseções 3.4.1 e 3.4.2, respectivamente.

3.4.1 Unidade de mistura rápida

Estabelecidos os parâmetros hidráulicos e a vazão de trabalho da IP, os alunos perceberam que, conforme a literatura técnica da área (ver seção 3.1), era possível adequar a vazão de trabalho em quase todas as unidades que compunham a instalação, exceto na unidade de mistura rápida. Também constataram que o projeto da unidade de mistura rápida era incompatível com a sua construção, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Comparação do projeto da unidade de mistura rápida com a IP. (a) O projeto como quatro paletas; (b) Apenas duas paletas instaladas



Fonte: arquivo pessoal

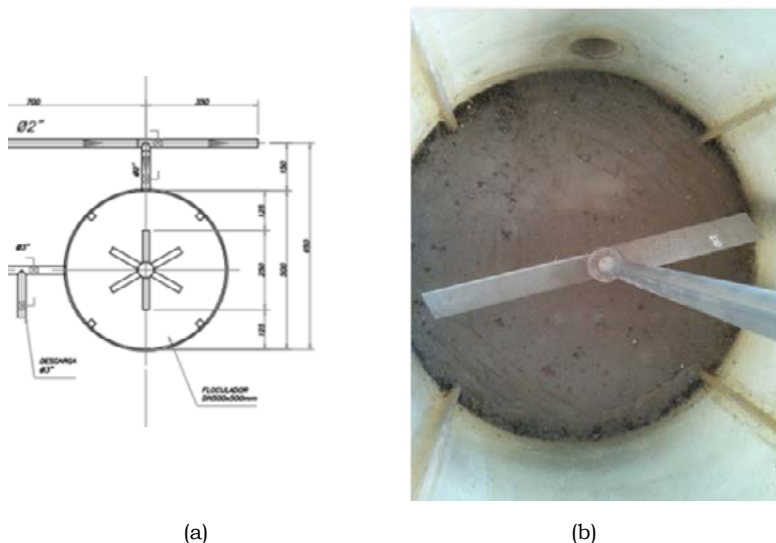
Por comparação, os estudantes concluíram que o projeto da unidade de mistura rápida diferia do que fora construído na IP. Por meio da consulta à literatura, perceberam que houve uma tentativa do projetista em adotar as turbinas estudadas por Parlatore (1972), porém o misturador rápido construído na IP possuía apenas duas paletas em vez de quatro. Além disso, as relações entre a turbina e a unidade de mistura rápida não correspondem às sugeridas por Parlatore (1972), inviabilizando, assim, a determinação dos gradientes de velocidade, parâmetro hidráulico crucial para o bom funcionamento dessa unidade.

Ademais, os estudantes constataram, também, que as dimensões muito pequenas da unidade de mistura rápida não possibilitavam que o tempo de detenção na unidade projetada e na construída estivesse adequado para atender às necessidades da mistura rápida para a vazão preestabelecida para outras unidades. Nessa etapa, os estudantes puderam sugerir alguma modificação que viabilizasse o funcionamento adequado da unidade de mistura rápida, já que sabiam da importância desta para o desempenho das unidades subsequentes em todas as tecnologias de tratamento da IP.

3.4.2 Unidades de floculação

Na unidade de floculação, os estudantes constataram que, diferentemente do descrito em projeto, as turbinas dos floculadores instaladas na IP possuíam apenas duas paletas em vez de seis, conforme Figura 3.

Figura 3 – (a) Unidade de floculação conforme projeto, com seis paletas; (b) instalação com apenas duas paletas na IP



Fonte: arquivo pessoal

Além disso, as aferições realizadas pelos estudantes na instalação evidenciaram que as relações encontradas entre a turbina e a câmara de floculação não estão de acordo com as sugeridas por Parlatore (1972). Assim, concluíram que, sem a regulação dessas relações, não se poderia determinar o gradiente de velocidade nas unidades de floculação, e, portanto, a determinação do gradiente de velocidade só seria possível a partir de uma adequação das paletas das turbinas.

Tendo ciência de que a IP era destinada à pesquisa, os estudantes sabiam da necessidade da adequação das paletas conforme Parlatore (1972). Assim, foi proposto um projeto que contemplasse a modificação das paletas

do floculador. A constatação das inconformidades das unidades de mistura rápida e de floculação da instalação estimulou os estudantes nos processos investigativos, considerando tanto o projeto quanto a montagem da instalação. A procura por soluções os levou a uma pesquisa mais específica da literatura na busca por alternativas para solucionar os problemas da IP.

3.5 Projeto e adequação das unidades

A partir do que foi constatado na quarta etapa, os estudantes se dispuseram a propor adequações na IP, com o auxílio do professor orientador. Assim, através de discussões em grupo guiadas pelo professor, foram debatidas propostas capazes de atender às mudanças necessárias nas unidades de mistura rápida e de floculação da IP, com respaldo na literatura.

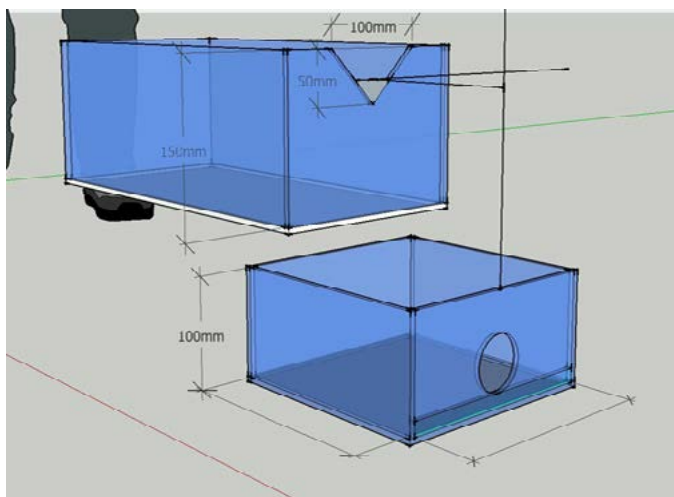
3.5.1 Adequação na unidade de mistura rápida

Visando atender, simultaneamente, ao controle de vazão e aos parâmetros hidráulicos que envolvem a mistura rápida (tempo de detenção e gradiente de velocidade), os estudantes elaboraram o projeto para a construção de um dispositivo hidráulico de mistura rápida e medição de vazão, concebido a partir de questionamentos dos alunos sobre os conceitos de gradiente de velocidade e tempo de detenção.

O dispositivo consistiu em duas caixas em acrílico de dimensões distintas e sobrepostas. Por meio de uma estrutura em PVC, que permite a alocação da segunda caixa em diferentes alturas, foi possível simular as diversas possibilidades de introdução de energia externa ao sistema. Na primeira caixa, instalou-se uma tubulação de entrada de água e um vertedor triangular, recomendado por sua precisão em pequenas vazões. Na segunda caixa de mistura, uma tubulação de saída foi instalada de forma a limitar o volume de mistura, atendendo ao tempo de detenção recomendado pela NBR 12216/92, para a coagulação.

Na Figura 4, tem-se o projeto de concepção do dispositivo hidráulico de mistura rápida e medição de vazão; na Figura 5, tem-se a estrutura em PVC, montada pelos estudantes, funcionando em três posições distintas, ilustrando a flexibilidade de variação do dispositivo no cálculo dos gradientes de velocidade. O dispositivo construído pode ser instalado no lugar das duas caixas de mistura rápida e fabricado com o mesmo material da IP.

Figura 4 – Projeto do dispositivo de mistura rápida e medição de vazão



Fonte: arquivo pessoal

Figura 5 – Estrutura montada em posições diferentes



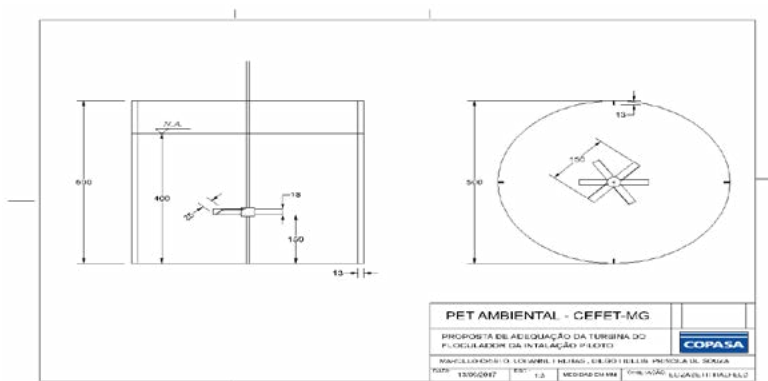
Fonte: arquivo pessoal

O dispositivo hidráulico construído pelos alunos hoje é utilizado nas aulas práticas de laboratório na disciplina de Tratamento de Águas. Por meio desse dispositivo, os estudantes aprendem experimentalmente sobre os conceitos de gradiente de velocidade e tempo de mistura rápida. A Figura 5 mostra o dispositivo funcionando durante uma aula prática em laboratório da disciplina de Tratamento de Águas.

3.5.2 Adequações na unidade de floculação

As adequações propostas para as unidades de floculação consistiram em colocar turbinas de seis paletas dimensionadas e alocadas na unidade, de forma a satisfazer as relações geométricas de Parlato (1972). Na Figura 6, é ilustrado um esquema das turbinas na unidade de floculação projetada pelos estudantes. Sendo satisfeitas as relações geométricas de Parlato (1972), seria possível determinar os gradientes de velocidade nas unidades de floculação.

Figura 6 – Esquema ilustrativo das turbinas na unidade de floculação projetada pelos estudantes



Fonte: arquivo pessoal

Para a execução do projeto das adequações sugeridas, os estudantes utilizaram o conhecimento adquirido na disciplina de Desenho do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG, na qual aprenderam a utilizar o software Autocad.

Nesta quinta etapa, o professor teve a oportunidade de aplicar, no ensino de seus estudantes, os conhecimentos teóricos e técnicos, além de oportunizar o exercício de habilidades práticas, necessárias ao conteúdo da disciplina de Tratamento de Águas. A partir dessa etapa, os estudantes ficaram aptos a calcular os parâmetros hidráulicos de uma estação de tratamento de água e, a partir deles, entender o seu projeto e a sua operação.

3.6 Elaboração de relatórios técnicos

Nesta etapa, os estudantes tiveram que desenvolver e apresentar à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) o estudo por eles executado, nos formatos de relatório técnico e apresentação oral, em reunião com os técnicos da empresa (Figuras 7 e 8).

Figura 7 – Apresentação do relatório à COPASA



Fonte: arquivo pessoal

Figura 8 – Integração dos alunos, professores e técnicos da empresa de saneamento



Fonte: arquivo pessoal

O relatório apresentado continha todo o levantamento realizado pelos estudantes na IP, bem como as propostas justificadas das alterações na instalação a serem executadas. Na elaboração do relatório e na apresentação oral, os estudantes colocaram em prática as habilidades adquiridas na escrita e na organização de ideias, concretizando o que foi abordado em disciplinas do curso como Português Instrumental, Metodologia da Pesquisa e Metodologia Científica.

No ambiente da empresa, onde estava instalada a IP, os estudantes adquiriram aprendizado profissional que possibilitou a troca de informações e discussões sobre o tratamento de água. A postura profissional dos estudantes foi também desenvolvida, já que havia um constante contato com os engenheiros e técnicos da companhia de

saneamento. A apresentação do trabalho aconteceu de forma bem interativa entre os estudantes e os técnicos da Companhia de Saneamento, que propuseram estudos de tratabilidade a serem desenvolvidos na Instalação Piloto, após a implementação das adequações propostas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como resultado, tanto o funcionamento adequado da instalação quanto o aprendizado conceitual, prático, científico e crítico dos estudantes envolvidos, que propuseram ajustes para o bom funcionamento técnico da Instalação Piloto com respaldo na literatura. A motivação e o aprendizado dos alunos foram evidenciados, claramente, ao sentirem os problemas práticos existentes na Instalação Piloto, corroborando um maior interesse destes em relação às disciplinas de Hidráulica e de Tratamento de Águas.

Os resultados do projeto desenvolvido pelo CEFET-MG proporcionaram à empresa de saneamento um melhor conhecimento sobre o funcionamento da IP. Os estudantes, por sua vez, puderam desenvolver habilidades práticas sobre o conteúdo técnico-científico no tratamento de águas para o abastecimento público.

Por fim, a metodologia baseada em problemas mostrou-se uma eficiente estratégia de ensino-aprendizagem. Dessa forma, a aprendizagem se estabelece de maneira cooperativa e colaborativa, inserindo o estudante em uma realidade próxima a que enfrentará

no mundo profissional e permitindo o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais por meio de situações-problema. Além disso, a relação mais próxima com o docente, a promoção da autonomia e a própria dinâmica de trabalho constituem uma alternativa interessante para atender aos anseios de uma geração tecnológica, ousada e desafiadora. A utilização de protótipos na disciplina de Tratamento de Águas do CEFET-MG vem sendo ampliada em função da constatação da eficácia dessa estratégia pedagógica no aprendizado dos alunos.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. São Paulo: Summus Editorial, 2009.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 83, p. 263-294, 2014.

CEFET-MG. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG**. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2013. Disponível em: <http://www.eng-ambiental.bh.cefetmg.br/?s=ppc>. Acesso em: mai. 2021.

CHUN-XIA, W. Values Education of social work in China. **Journal of Eastern Liaoning University (Social Sciences)**, v. 12, n. 2, 2010.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005. 792 p.

DORESTANI, A. Is interactive/active learning superior to traditional lecturing in economics courses? **Humanomics**, v. 21, n. 1, p. 1-21, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1108/eb018897>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb018897/full/html>. Acesso em: jan. 2021.

EBERT-MAY, D.; BREWER, C.; ALLRED, S. Innovation in large lectures: teaching for active learning. **Bioscience**, v. 47, n. 9, p. 601-607, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/1313166>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1313166>. Acesso em: jan. 2021.

MARTINS, V. W. B. **Análise do desenvolvimento de competências gerenciais na construção civil através do modelo da Aprendizagem Baseada em**

Problemas adaptado ao contexto organizacional.

2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/3542>. Acesso em: jan. 2021.

MICHEL, N.; CATER III, J. J.; VARELA, O. Active versus passive teaching styles: an empirical study of student learning outcomes. **Human Resource Development Quarterly**, v. 20, n. 4, p. 397-418, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/hrdq.20025>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hrdq.20025>. Acesso em: jan. 2021.

MORAN, J. Mudando a Educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. In: SOUSA, C. A.; MORALES, O. E. T. (ed.) **Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, volume II. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2015. p. 15-33.

PARLATORE, A. C. Misturadores e floculadores mecanizados: padronização e dimensionamento. **Revista DAE**, v. 88, p. 61-92, 1972.

SHARMA, M. A case study: active learning approaches to improve learning in electrical network. **Journal of Engineering Education Transformations**, v. 31, n. 3, p. 53-57, 2018. Disponível em: <http://www.journaleet>.

org/index.php/jeet/article/view/120757. Acesso em: jan. 2021.

SILBERMAN, M. **Active Learning**: 101 strategies to teach any subject. Des Moines: Prentice-Hall, 1996.

VAN EYNDE, D. F.; SPENCER, R. W. Lecture versus experiential learning: their differential effects on long-term memory. **Organizational Behavior Teaching Review**, v. 12, n. 4, p. 52-58, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1177/105256298801200404>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/105256298801200404>. Acesso em: jan. 2021.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 2. ed. Belo Horizonte: Imprimatur Artes, 2002.

VILLAS-BOAS, V.; MATTASOGLIO NETO, O. **Aprendizagem ativa na Educação em Engenharia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39., 2011. **Sessão Dirigida [...]**. Blumenau: ABENGE, 2011.

Capítulo 9

UMA NOVA MANEIRA DE ENSINAR ELETRÔNICA ANALÓGICA UTILIZANDO AVALIAÇÃO POR COMPETÊNCIAS

Fábio Rizental Coutinho

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da Educação na Engenharia está na avaliação efetiva do aprendizado. A abordagem da avaliação da aprendizagem por competências está cada vez mais presente nas instituições de ensino, por ser reconhecida como uma das melhores soluções no paradigma da aprendizagem. Entretanto, ainda falta um amadurecimento por parte da comunidade docente

em termos de como se devem aplicar os conceitos da avaliação do aprendizado por competências em um contexto real. No curso de Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus Toledo*, a primeira disciplina profissionalizante que se caracteriza por integração de conhecimentos é Eletrônica Analógica 1, na qual se apresentam os conceitos de dispositivos eletrônicos mais básicos, nesse caso, diodos e transistores.

Por cerca de seis anos, a disciplina foi ministrada no formato tradicional, com aula expositiva, provas teóricas, listas de exercícios e laboratórios com roteiros e relatório. Contudo, essa experiência mostrou que os alunos apresentavam muitas dificuldades no projeto de circuitos eletrônicos, o que ocorria inclusive com os alunos que obtinham notas finais muito altas na disciplina.

Esse problema motivou uma mudança no paradigma de ensino dessa disciplina. Inspirado no trabalho de Podges *et al.* (2014) e na avaliação de aprendizagem por competências de Scallon (2015), iniciou-se, desde 2018, em caráter experimental, a aplicação de uma metodologia híbrida, caracterizada por aulas expositivas e a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos, com avaliação por competências. Aos alunos da disciplina, projetos não estruturados com problemas reais da vida profissional de um engenheiro eletrônico foram propostos. Os problemas foram cuidadosamente concebidos para serem mal especificados ou “abertos”, de forma a não se chegar a uma única solução, e para

que fosse possível resolvê-los com os dispositivos apresentados durante a disciplina.

Aplicando-se a abordagem de avaliação de Scallon (2015), é possível inferir se: (i) o aluno consegue resolver o projeto com autonomia; (ii) o aluno tem a preocupação com a documentação do projeto e com as especificações do cliente. Esses saberes, para o mercado de trabalho e para o futuro profissional, são tão importantes quanto o domínio do funcionamento dos dispositivos eletrônicos. A experiência da aplicação dessa metodologia mostrou que os alunos ficam mais motivados para o estudo, as soluções dos alunos para os problemas são muito criativas e não se verifica a cópia de projetos entre as equipes. Vale ressaltar que a aplicação dessa nova metodologia não exclui a utilização de provas teóricas para a avaliação dos saberes dos alunos.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo é apresentar uma metodologia de aprendizado por projetos, com avaliação por competências, visando aumentar o domínio intelectual dos estudantes na área de Eletrônica Analógica.

Neste capítulo é mostrado como essa metodologia foi operacionalizada na prática. Ele inicia descrevendo como a disciplina em questão era conduzida anteriormente, para fornecer um contexto da situação. Em seguida, é descrito como se deu a mudança para a avaliação por competências, composta pela definição da competência que se deseja verificar ao final da disciplina, pela metodologia de projetos aplicada, por exemplos dos projetos não estruturados e pelas fichas

de avaliação desenvolvidas. Espera-se que o relato dessa experiência sirva para fomentar e elucidar a aplicação de metodologias ativas e da avaliação por competências no ensino de Engenharia, além de contribuir para o campo de pesquisa nessa área.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA DISCIPLINA

Toda a metodologia que será descrita neste capítulo foi aplicada na disciplina Eletrônica Analógica 1 do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR – *Campus* Toledo. Para um melhor entendimento da aplicação, é necessária uma descrição do contexto da disciplina dentro do curso.

A disciplina de Eletrônica Analógica 1 é lecionada em regime semestral, com carga horária total de 90 horas (seis aulas por semana ou 5 horas semanais), sendo ofertada no quarto semestre do curso de Engenharia Eletrônica. A ementa da disciplina é composta pelos seguintes temas: diodos semicondutores; transistores (bipolares e de efeito de campo); amplificadores operacionais e aplicações. Para cursar essa disciplina, o aluno precisa ter sido aprovado na disciplina de Análise de Circuitos Elétricos 1, que trata da seguinte ementa: fundamentos de eletricidade; circuitos elétricos; leis de Kirchhoff; métodos sistemáticos de análise; teoremas de circuitos elétricos; amplificadores operacionais; circuitos de primeira ordem; circuitos de segunda ordem. Como o aluno já estudou amplificadores operacionais na

disciplina pré-requisito, a abordagem desse conteúdo na disciplina de Eletrônica Analógica 1 é focada nas não idealidades dos amplificadores operacionais.

O conteúdo da disciplina é dividido em três partes, sendo que em cada uma delas são apresentados a física, os modelos e as aplicações. Há três avaliações teóricas, para cada parte, sendo elas (BOYLESTAD, NASHELSKY, 2004; RAZAVI, 2010; SEDRA, SMITH, 2007): parte 1 – diodos; parte 2 – transistores bipolares; parte 3 – transistor de efeito de campo, dividido em MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*) de intensificação e J-FET (*Junction Field Effect Transistor*), e não idealidades de amplificadores operacionais (corrente de polarização, tensão de deslocamento, taxa de inflexão, entre outros).

Nos primeiros anos, essa disciplina era ministrada de forma que, ao final de cada tema de estudo, dava-se espaço para as aulas práticas. A título de exemplo, cada tema de estudo era trabalhado com aulas teóricas por três semanas, em média, para que se pudesse iniciar as aulas em laboratório. Nas aulas práticas, um roteiro era fornecido aos alunos, que, divididos em equipes, faziam as montagens e medidas solicitadas. A aula de laboratório era avaliada pela entrega de um relatório com a descrição do que tinha sido realizado e dos resultados obtidos. Para comportar essa nova metodologia, que utiliza projetos e aumenta, consideravelmente, o trabalho extraclasse, foi necessário mudar o formato das aulas de laboratório. A solução encontrada foi utilizar uma metodologia em que não existe uma separação temporal tão grande entre a

teoria e a prática, ou seja, uma mescla de aulas expositivas e aulas práticas é realizada, de forma que o aluno possa aplicar os conceitos teóricos. Em seguida, atividades práticas simples e objetivas são aplicadas em um curto intervalo de tempo (30 a 50 minutos, equivalentes a uma aula). Dessa forma, as aulas práticas ocorrem em quase todas as semanas de aula.

Durante a aula prática, cada equipe deve preencher os resultados das medições em uma tabela desenhada na lousa, dispensando a entrega de um relatório com os resultados obtidos. Ademais, a marcação no quadro das medições funciona como uma forma de competição entre as equipes, estimulando os alunos a realizarem as atividades práticas em um menor tempo.

Os resultados da aplicação dessa técnica indicam que todas as equipes conseguem finalizar as atividades práticas dentro do tempo planejado e com muito mais agilidade que no formato tradicional. A agilidade nas práticas se traduz em mais horas-aula para o docente trabalhar outras atividades, e a dispensa de relatório de práticas libera tempo extraclasse dos alunos. Esses ganhos de tempo, obtidos com essa abordagem, são essenciais para operacionalizar a avaliação por competências, que exige horas-aula para a apresentação dos projetos e maior dedicação do aluno a outras atividades fora da sala de aula. Além disso, como o aluno aprende a prática quase que simultaneamente com a teoria, isso permite que eles iniciem as atividades do projeto para a avaliação da competência nas primeiras semanas da disciplina.

Anteriormente, várias listas de exercícios eram disponibilizadas para os alunos resolverem em casa. Era exigido que a lista fosse resolvida de forma manuscrita e com a entrega semanal. Para incentivar sua resolução, uma pequena parte da nota final da disciplina vinha do desempenho do aluno na lista. O grande problema disso é que vários estudantes apenas copiavam a resolução da lista, o que ficava evidente nas avaliações teóricas, pois muitos deles entregavam a folha de prova totalmente em branco. Provavelmente, esses alunos apenas copiavam as listas e deixavam para estudar na véspera da prova, não tendo, dessa forma, condições de desenvolver nenhuma questão nela proposta.

Para resolver esse “branco” dos alunos na prova, optou-se por criar listas de exercícios automatizadas no ambiente Moodle¹. As listas automatizadas permitem criar diversas variações de enunciados (ou especificação de valores) para uma mesma questão. É como se cada aluno recebesse uma lista de exercícios única, o que dificulta, em muito, a cópia da lista entre eles. Essa individualização seria inviável se o ambiente Moodle não fosse capaz de, automaticamente, corrigir as listas e emitir um *feedback* para ajudar o aluno a encontrar a resposta correta. Obviamente, existe um esforço de trabalho inicial bastante grande para programar todas as questões, respostas e *feedbacks* no Moodle. A abertura e o fechamento da lista de exercícios proposta são programados pelo docente de forma que o aluno

1 Moodle: <https://moodle.org/>

possa desenvolvê-la bem antes da prova. Em geral, a lista de exercícios fica disponível quando o aluno já tem a teoria para resolver e se torna indisponível em, no máximo, duas semanas após a abertura. A média final das notas das listas contribui com peso de 10% na nota final da disciplina. Com a aplicação dessas listas, o aluno chega na prova teórica com uma experiência relativamente grande na resolução de exercícios do conteúdo, podendo se dedicar a resolver exercícios complementares para estudar próximo da data da prova. Depois que foi implementado esse sistema de listas no Moodle, a quantidade de entrega de provas em branco reduziu-se a praticamente zero.

As listas automatizadas criaram uma rotina de estudo que auxiliou, em muito, no desempenho dos alunos na prova teórica. Entretanto, ainda assim, os alunos apresentavam dificuldades no projeto de circuitos eletrônicos. Esse problema foi observado diversas vezes no desempenho dos alunos monitores da disciplina. Isso motivou uma mudança na disciplina, colocando o projeto de circuitos analógicos como um item importante a ser avaliado.

3 ABORDAGEM POR COMPETÊNCIAS

Para entender a metodologia empregada, é necessário definir qual o conceito de competência utilizado, devido à diversidade de entendimentos que esta palavra suscita (NICOLA; VOSGERAU, 2019). A definição utilizada

foi a proposta por Scallon (2015), que considera competência como a capacidade de mobilizar saberes, saber-fazer, saber-ser e outros recursos. Os saberes são os conhecimentos que se pode adquirir, como, por exemplo, a participação em um treinamento ou curso, a leitura de um livro profissionalizante, entre outros. O saber-fazer está relacionado à habilidade de mobilizar os saberes para realizar uma tarefa. O saber-ser diz respeito a atitudes ou qualidade de desempenho, como, por exemplo, autonomia (no sentido de ter domínio sobre o que é preciso para executar uma atividade), observância de normas de segurança, ética, iniciativa, entre outros. Pesquisas realizadas com empresas apontam que o saber-ser é considerado tão importante quanto o domínio do conhecimento técnico (NOSE; REBELATTO, 2001).

Utilizando os objetivos da disciplina de Eletrônica Analógica 1 e do curso, a seguinte competência foi definida: projetar circuitos analógicos eficazes, com autonomia, integrando análise de requisitos, interconexão de dispositivos eletroeletrônicos, análise e validação dos circuitos solução, considerando as características elétricas dos dispositivos, os aspectos de segurança elétrica e uma documentação clara e concisa.

O saber-fazer está relacionado ao aluno interpretar as especificações pedidas de funcionalidade; realizar conexões dos componentes eletrônicos com objetivo de atender às funcionalidades especificadas – e fica implícito que é preciso entender como os dispositivos funcionam para efetuar as conexões; e usar ferramentas como

análise teórica dos circuitos, programas de simulação ou montagem do circuito real para validar a solução obtida. O saber-ser diz respeito ao aluno ter atitudes como respeitar os máximos valores das grandezas elétricas e térmicas dos dispositivos e conseguir realizar o projeto com pouca ou nenhuma ajuda do professor ou tutor (autonomia).

4 METODOLOGIA DOS PROJETOS

Segundo Prince e Felder (2006), a Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem-Based Learning* – PBL) consiste em confrontar os alunos com problemas abertos e autênticos (da realidade do mercado de trabalho). Nessa metodologia, os estudantes trabalham em equipes para identificar o que precisam aprender e, assim, desenvolver uma solução viável para o problema. A Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PjBL) é muito similar à PBL, pois também envolve ter alunos trabalhando em equipes para resolver problemas mal estruturados e autênticos. Contudo, enquanto na PBL a ênfase está na aquisição de novos conhecimentos, na PjBL a ênfase está em aplicar ou integrar um conhecimento previamente adquirido (PRINCE; FELDER, 2006). Adicionalmente, em PjBL o projeto apresenta um escopo maior e pode abranger vários problemas.

A Aprendizagem Baseada em Projetos desenvolve o trabalho em equipe e aprofunda o conhecimento

técnico do aluno, segundo Martinez-Rodrigo *et al.* (2017), que aplicaram a abordagem PjBL para o aprendizado de conversores AC/DC. Zhang, Hansen e Andersen (2016) mostraram que os estudantes apresentam um desempenho maior na notas das avaliações teóricas quando a metodologia PjBL é aplicada. A principal desvantagem citada por eles está no aumento da carga de trabalho, tanto para os estudantes quanto para os docentes, em relação aos métodos tradicionais de ensino.

Adotar a metodologia PBL ou PjBL na maior parte do tempo da disciplina de Eletrônica Analógica não é recomendável, pois acabará exigindo que os alunos estudem sozinhos conteúdos básicos, o que poderá implicar dificuldades destes na execução dos projetos (NERGUIZIAN; RAFAF; 2009). Por esse motivo, as aulas expositivas foram mantidas durante a maior parte do tempo da disciplina. A metodologia proposta consiste em utilizar a PjBL como um complemento ou fechamento dos tópicos. Apesar de as aulas teóricas predominarem, a utilização desse método pode motivar mais os alunos, além de ser uma ferramenta importante para verificar suas atitudes. Ademais, quando o aluno concebe soluções para projetos, ele trabalhará nos níveis mais altos de cognição da Taxonomia de Bloom, que é exercício fundamental para as disciplinas básicas (BHUYAN; KHAN; RAHMAN, 2014). Outra abordagem seria dividir a disciplina em duas distintas: uma somente com a teoria básica e a outra baseada em PjBL (MACÍAS-GUARASA *et al.*, 2006). Contudo, isso envolve uma mudança no currículo do curso.

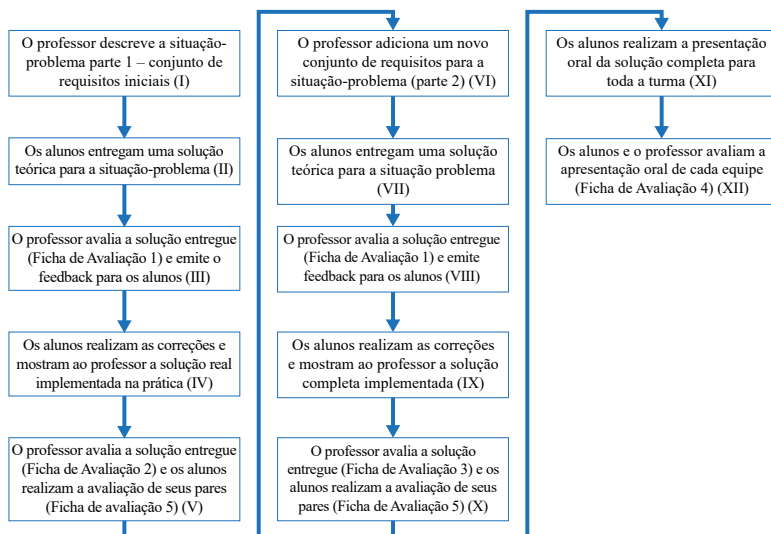
Segundo Scallon (2015), para se aferir uma competência, devem-se conceber tarefas ou situações-problema relativamente complexas e tangíveis. A abordagem PjBL pode servir a esse propósito, desde que seja planejada para fins de avaliação do desempenho do aluno. Ainda segundo Scallon (2015), esse planejamento deve ser orientado em três premissas. A primeira premissa é que a situação-problema precisa ser mal estruturada, de forma que não exista uma única solução, recomendando-se descrever o problema com insuficiência de dados ou com a adição de dados supérfluos. Essa restrição dificulta um pouco a avaliação do professor, pois os alunos podem chegar a diferentes tipos de soluções. Por outro lado, porém, ela fornece a liberdade para o estudante chegar a sua própria solução. A segunda premissa está relacionada ao planejamento da situação-problema, de forma que os alunos mobilizem os saberes e as habilidades da disciplina atual e das anteriores. A terceira premissa está no aspecto de realidade do problema, ou seja, o problema proposto precisa ser algo relacionado ao mundo do trabalho.

A forma de aplicação dos projetos (ou situações-problema) que ficou mais interessante para a realidade da disciplina e para os alunos foi a utilização de dois projetos durante o semestre. Não são, contudo, dois projetos desconexos, mas, sim, duas partes que compõem um projeto maior. Essa abordagem gera muito mais motivação dos alunos em desenvolver o projeto, pois estes sabem que será algo “grande”, com o resultado

dos dois projetos precisando ficar muito próximo da realidade do trabalho de um engenheiro eletrônico.

A Figura 1 ilustra uma visão geral de todas as etapas que compõem a metodologia proposta. Para resolver a situação-problema, os alunos são divididos em equipes de até três integrantes, que devem permanecer inalteradas até o final do semestre. A aplicação da metodologia inicia-se disponibilizando aos alunos um material que contém a descrição da primeira parte da situação-problema (etapa I). A partir daí, os estudantes têm duas entregas para cumprir. A primeira entrega é a concepção teórica da solução que a equipe encontrou para o problema (etapa II), que pode ser um desenho, um relatório, um projeto, por exemplo. Para o caso específico da disciplina trabalhada, foi estipulado que essa entrega deveria ser o arquivo de simulação do circuito projetado. Em geral, este arquivo deve ser entregue de duas a três semanas após a primeira prova teórica (que versa sobre o tema de diodos). Caso a equipe não o entregue no prazo, ela sofre uma penalidade de redução da nota do projeto.

Figura 1 – Fluxograma com a visão geral das etapas da metodologia proposta



Fonte: elaborada pelo autor

Expirado o prazo da primeira entrega, o professor avalia a solução teórica encontrada e devolve um parecer para cada equipe indicando correções e melhorias (etapa III). Esse *feedback* servirá, posteriormente, para a avaliação da equipe, pois, se no parecer constarem muitas correções obrigatórias, isso é um indicativo de que a equipe não consegue desenvolver o projeto com autonomia. Entretanto, deve-se cuidar para que o *feedback* fornecido não induza a equipe para uma única solução ou para a solução que o professor concebeu no momento que preparou a atividade. As equipes, então, têm de duas a três semanas para a realização das correções

solicitadas e para implementar a solução do problema na prática. A apresentação da solução real do problema na prática compõe a segunda entrega (etapa IV). No caso da disciplina de Eletrônica, essa implementação é realizada pela demonstração de funcionamento do circuito montado para o professor no laboratório. Nesse segundo momento, o professor avalia a solução e realiza todos os testes para verificar se o circuito atende às premissas especificadas pelo docente (etapa V). Os alunos também realizam a avaliação dos seus pares nessa etapa (V). A divisão em duas entregas é importante porque nem todas as soluções desenvolvidas na teoria são factíveis de serem implementadas na prática.

A segunda parte do projeto ocorre de forma similar à primeira parte (Figura 1). Ela inicia com o professor disponibilizando um material com novos requisitos para a situação-problema anterior (etapa VI). As equipes, então, entregam a solução teórica do problema abrangendo todos os requisitos (etapa VII). Na etapa VIII, o professor avalia essa entrega e devolve um parecer com as correções necessárias para as equipes. Os alunos efetuam as correções e demonstram o funcionamento das duas partes da solução proposta, na prática, ao docente (etapa IX). Por fim, o professor avalia a solução final entregue e os alunos da equipe avaliam o trabalho de seus pares (etapa X). Uma ou duas semanas após essa demonstração prática, cada grupo apresenta oralmente os trabalhos desenvolvidos para os demais alunos da disciplina (etapa XI). Essa etapa é muito importante para que os estudantes observem as diferentes soluções

propostas para o mesmo problema e as comparem com as suas. As apresentações orais são avaliadas pelo professor e pelos alunos ouvintes (etapa XII).

5 EXEMPLO DE PROJETO

Para uma melhor compreensão da metodologia utilizada, convém analisar um exemplo de situação-problema. A instrução a seguir, aplicada no segundo semestre de 2019, é relativa aos requisitos da primeira parte do projeto:

“Você trabalha em uma empresa que projeta e desenvolve equipamentos para geradores eólicos. Os clientes que compraram os geradores estão reclamando que precisam ser alertados quando a tensão de saída diminui, para tomar as devidas medidas. Sua empresa, atenta aos anseios dos seus clientes, pede para que você e sua equipe desenvolvam um equipamento para monitorar a energia fornecida pelos aerogeradores. Eles deram o nome do projeto de Doglight – em referência a um cão de guarda da “luz” ou energia. O gerador eólico normalmente apresenta uma tensão de 30 V eficazes (V_{ef}) na sua saída. Essa situação deve ser sinalizada com um diodo emissor de luz (Light Emitting Diode – LED) verde aceso, informando que está tudo ok! Se a tensão do gerador estiver abaixo de 20 V_{ef} , um LED vermelho deve ser aceso, indicando a falha do aerogerador.

Seu chefe observa que o Doglight precisa ser alimentado pela rede de energia da concessionária local

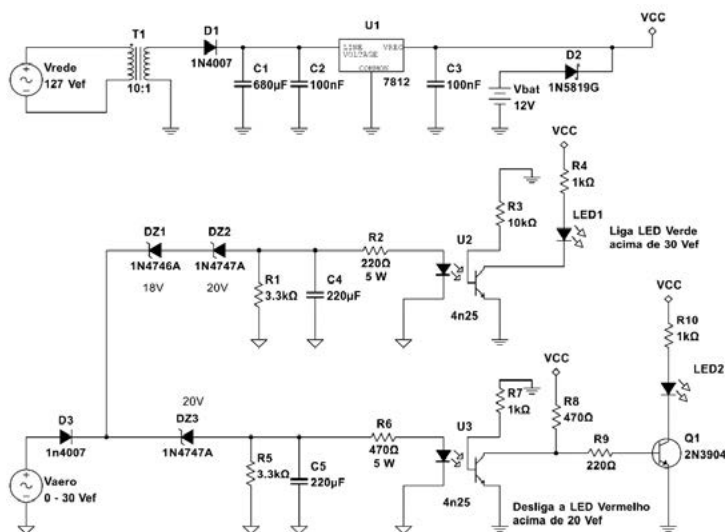
(127 Vef) para não deixar de funcionar se os aerogeradores desligarem. Além disso, o Doglight precisa funcionar mesmo quando houver queda de energia da COPEL; nesse caso, ele diz que vocês podem utilizar uma bateria de 12 V para alimentar o Doglight. Seu chefe observa, ainda, que a bateria só deve alimentar o circuito quando a energia da concessionária estiver desligada. Segundo o departamento comercial, o ideal é que o Doglight seja capaz de monitorar até três aerogeradores simultaneamente, pois é o número padrão de aerogeradores que boa parte dos clientes possui. Para finalizar, o seu chefe explica que o circuito deve ser de baixo custo, pois estima-se fabricar cerca de 10 mil unidades no primeiro lote”.

Vale ressaltar que, junto com as instruções do projeto, é informado ao aluno a necessidade de que este utilize um autotransformador (varivolt) para simular o aerogerador. Outra informação dada ao estudante refere-se à necessidade de empregar algum método para isolar o circuito de entrada do aerogerador do restante. Adicionalmente, diversas observações de segurança quanto ao uso do autotransformador são transmitidas, pois este é um equipamento com alta capacidade de fornecimento de corrente. Nessa primeira parte, é permitido que os alunos utilizem amplificadores operacionais no circuito.

Para resolver o problema, o aluno terá que mobilizar diversos saberes da disciplina, como circuitos limitadores em série ou em paralelo com diodos, circuitos retificadores, circuitos para regulação de tensão, entre outros. Para detectar a tensão de falha (20 Vef), o

estudante pode utilizar circuitos como o limitador série da Figura 2, implementado pelos componentes DZ3, R5, C5, R6 e U3. Nesse caso, ele mobilizará equações e conceitos de potência para projetar o resistor R6, pois quando a tensão do aerogerador estiver normal (30 Vef), o resistor do limitador (R6) ficará com uma tensão de, aproximadamente, 10 Vef, dissipando bastante potência. Ao coordenar a ação da bateria com a rede de energia, o aluno percebe que precisa aplicar um ou mais diodos para exercer a função lógica OU (no exemplo da Figura 2, a coordenação é realizada pelo diodo D2). Os estudantes podem também utilizar amplificadores operacionais como comparadores para detectar a tensão do aerogerador. A exigência de isolação serve para a proteção dos alunos, devido à alta potência do autotransformador, mas também serve de proteção aos equipamentos de medição para que não fiquem referenciados à fase ou ao neutro da rede. Isso também cria no aluno a consciência sobre a necessidade da segurança elétrica nos circuitos reais, que é um saber-ser importante ao engenheiro eletrônico.

Figura 2 – Exemplo de solução para a parte 1 do projeto



Fonte: elaborada pelo autor.

Para implementar a isolamento, algumas equipes utilizaram transformadores; outras optaram por optoacopladores, que não são abordados na disciplina. Contudo, com o conhecimento de diodos e transistores obtido, os alunos têm os conceitos base para entender o funcionamento desse tipo de dispositivo. Das equipes que utilizaram optoacopladores, algumas conceberam circuitos operando no corte e na saturação e, portanto, precisaram usar, pelo menos, dois circuitos com optoacopladores, um para cada limiar de tensão (normal e de falha). Outras equipes utilizaram o optoacoplador na região ativa e, dessa forma, só precisaram de um circuito com o optoacoplador para a detecção das

tensões. Alguns alunos usaram um transformador para a isolamento, optando por detectar a tensão por meio de amplificadores operacionais. Apesar de cada solução ter suas vantagens e desvantagens, o papel do professor, nesse caso, não é influenciar os alunos a chegarem à determinada solução. A Figura 2 ilustra um exemplo de solução para essa primeira parte. Outros exemplos de soluções podem ser obtidos em Balcazar *et al.* (2020) e Inacio *et al.* (2020).

A seguir, é possível conferir a transcrição de um dos exemplos da instrução da segunda parte do projeto:

“Depois de mostrar o circuito desenvolvido do Doglight ao seu chefe, este diz que a sinalização das condições de tensão usando apenas um LED verde e um LED vermelho não é legal, porque dificulta a visualização de longe da situação do aerogerador. Por isso, seu chefe pede que essa sinalização seja realizada usando lâmpadas LEDs. A sua empresa já trabalha com fitas de LEDs adesivas (Figura 2) e você é orientado a utilizá-las, fazendo as devidas adaptações. Seu chefe lembra, ainda, que essas fitas são de LEDs brancos, então você terá de pensar em uma solução para converter a luz branca em verde e vermelha.

Como as lâmpadas LEDs serão a única sinalização da condição do aerogerador, se elas apresentarem LEDs queimados, é preciso consertá-los antes de todos falharem. Por isso, seu chefe pede que você desenvolva um circuito que indique quantos LEDs estão funcionando ou quantos estão queimados. Esse circuito deve apresentar um terminal de saída de tensão contínua que muda de

valor à medida que os LEDs deixam de funcionar. Dica: como a fita de LEDs aciona de três em três LEDs (três LEDs ligados em série), é permitido que o seu circuito de monitoramento de falha dos LEDs monitore-os de três em três. A mudança de tensão precisa ser significativa; por exemplo, a cada três LEDs que deixam de funcionar, a tensão muda 1 V.

Adicionalmente, seu chefe reforça que, para a produção do circuito, é preciso que as lâmpadas sejam testadas logo depois que este é produzido. Assim, ele pede que, no momento que o circuito for energizado (seja pela concessionária ou bateria), as duas lâmpadas devem acender por três segundos e depois apagar (ou voltar para o seu estado normal), para que se saiba que elas estão com todos os LEDs funcionais. Para finalizar, o seu chefe enfatiza novamente que o circuito deve ser de baixo custo, pois estima-se fabricar cerca de 10 mil unidades no primeiro lote.

IMPORTANTE!! Essa parte do projeto não deve ser realizada com amplificadores operacionais ou outro tipo de circuito integrado, tentem utilizar transistores”.

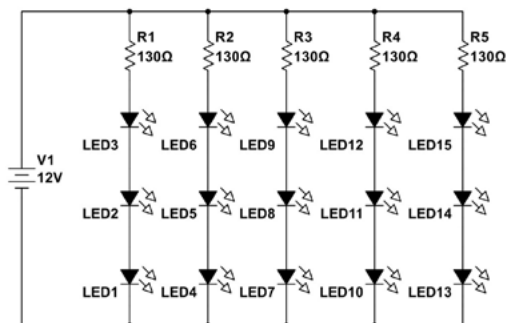
Nessa instrução não é mencionado que tipo de falha no LED deseja-se monitorar. Algumas equipes desenvolveram circuitos para detectar se o LED entrava em curto; outras, para detectar se o LED se tornava um circuito aberto. Fitas de LEDs adesivas comerciais foram disponibilizadas para a montagem da lâmpada LED (Figura 3). Em cada fita disponibilizada, existiam 15 LEDs brancos de alto brilho, dispostos em série de três em três LEDs. Os alunos tiveram a liberdade de

desmontar a fita de LEDs para deixá-la na melhor forma para usar em seu projeto. Cabe ressaltar que a lâmpada LED do projeto não tem nenhum tipo de especificação óptica ou de número de LEDs. Assim, algumas equipes se preocuparam em utilizar mais LEDs da fita para ter uma lâmpada com alto brilho e, por consequência, boa visualização. Outras equipes utilizaram o mínimo possível de LEDs para facilitar o desenvolvimento.

Figura 3 – Foto e esquema da fita de LEDs. (a) Foto da fita de LEDs; (b) Esquema elétrico da fita



(a)



(b)

Fonte: elaborada pelo autor

Nesse ponto, é possível mensurar o saber-ser por parte dos alunos, pois as equipes que se preocuparam mais com o resultado óptico final irão receber mais nota nesse quesito. É importante que esse critério de nota não seja divulgado aos alunos, pois o seu conhecimento

faz com que estes o atendam apenas para obter mais nota, e não pela sua própria iniciativa.

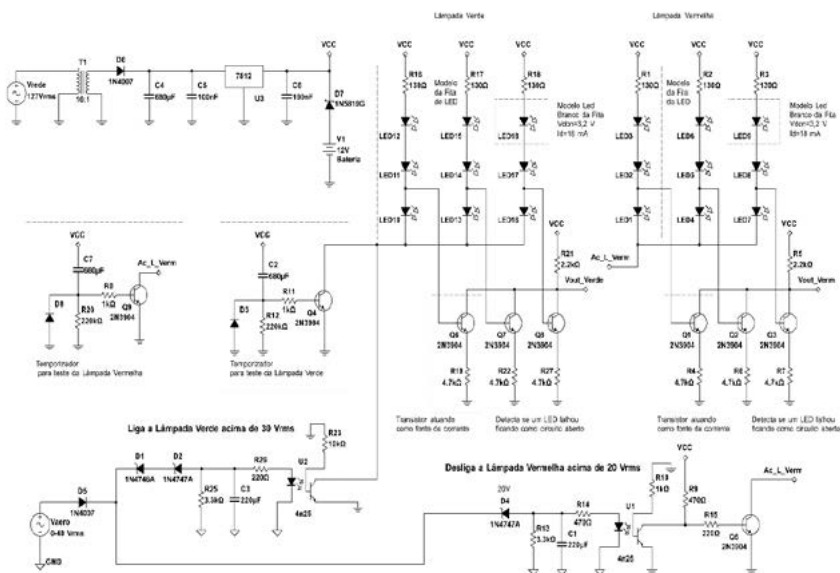
A especificação de ter um circuito para teste de produção é muito importante para o caráter realista do projeto. Ademais, para desenvolver o circuito temporizador com transistores, o aluno terá que mobilizar saberes específicos, como o transitório em circuito RC – conteúdo aprendido na disciplina de Circuitos Elétricos 1, pré-requisito para Eletrônica Analógica 1 – e transistores operando no corte e na saturação – conteúdo da disciplina da Eletrônica Analógica 1. A Figura 4 ilustra um exemplo de solução para a segunda e última parte do projeto.

6 AVALIAÇÃO DOS PROJETOS

O desafio na avaliação das situações-problema é descrever com detalhes a capacidade do aluno e mensurar o seu desempenho por meio de uma escala numérica. Para se aferir uma competência, uma das ferramentas de julgamento que melhor se adequam são as escalas descritivas (SCALLON, 1999, 2015; POPHAM, 2000). Esse tipo de escala tem a vantagem de apresentar uma grande concordância de julgamento por diferentes pessoas, critérios de julgamento bem definidos e um *feedback* detalhado para o aluno (SCALLON, 1999, 2015). Ademais, para avaliar o saber-ser, as escalas descritivas são bastante eficazes. Entretanto, na avaliação do saber-fazer, a utilização dessas escalas pode ser muito complexa, devido à grande quantidade de critérios envolvidos.

Nesse caso, optou-se por converter a escala descritiva em uma lista de verificação (SCALLON, 1999, 2015). Essa conversão é muito útil quando se avalia se o aluno atingiu todos os requisitos funcionais pedidos para a resolução da situação-problema.

Figura 4 – Exemplo de solução para a parte 2 (e final) do projeto



Fonte: elaborada pelo autor

Como a equipe entrega, em um primeiro momento, o arquivo do circuito simulado e depois apresenta o circuito funcionando em laboratório, a avaliação é realizada em duas etapas temporais para cada parte do projeto. A principal motivação da separação é antecipar o *feedback* para os alunos, de forma que todos consigam levar os

circuitos funcionais no dia da apresentação em laboratório. A entrega do circuito simulado da parte 1 do projeto é avaliada pela ficha de avaliação do Quadro 1.

Quadro 1 – Ficha de avaliação 1. Primeira entrega do projeto da parte 1 (simulação)

Escala descritiva global				
Elemento de competência julgado	Descrição 1	Descrição 2	Descrição 3	Descrição 4
Projetar circuitos analógicos com documentação clara e concisa (máximo de 10 pontos)	O esquema elétrico é claro, sem cruzamento de conexões e todas as informações dos componentes estão presentes 10 pontos	O esquema elétrico apresenta alguns cruzamentos de conexões e/ou algumas informações dos componentes estão faltando 6 pontos	O esquema elétrico é confuso, apresenta muitos cruzamentos de conexões e/ou muitas informações de componentes estão faltando 0 pontos	
Projetar circuitos analógicos com autonomia, respeitando os requisitos pedidos (máximo de 30 pontos)	Nenhum feedback foi necessário para a equipe, o circuito atendeu ao que foi pedido e não há sugestões para sua melhoria 30 pontos	Precisou de um ou mais feedbacks não críticos para o funcionamento (apenas melhoria) 26 pontos	Precisou de um feedback crítico para o funcionamento 20 pontos	Precisou de dois feedbacks críticos para o funcionamento 15 pontos
	Precisou de três feedbacks críticos para o funcionamento 10 pontos	Precisou de quatro feedbacks críticos para o funcionamento 5 pontos	Precisou de cinco feedbacks críticos para o funcionamento 2 pontos	Precisou de seis ou mais feedbacks críticos para o funcionamento 0 pontos

Fonte: elaborado pelo autor

Na primeira linha do Quadro 1, a clareza do desenho do esquema é avaliada, ou seja, a documentação clara e concisa é um elemento de avaliação de competência necessária ao aluno, relacionada ao requisito saber-ser. O segundo elemento de competência avaliado está diretamente relacionado ao número de *feedbacks*. A quantidade de *feedbacks*, por sua vez, tem relação com a autonomia e o respeito aos requisitos (saber-ser), mas também se relaciona com o saber-fazer, pois o aluno precisa mobilizar os componentes estudados para interconectá-los de forma a conceber um circuito solução ao problema. Observa-se que cada *feedback* se trata de uma observação pontual do circuito. Por exemplo: se o circuito de acionamento do LED verde não fornece corrente suficiente para o LED funcionar, isso seria um *feedback* para o aluno/equipe. Uma sugestão de pontuação para cada escala descritiva é indicada no canto inferior direito de cada escala (Quadro 1). No caso, 40% da nota da parte 1 do projeto vêm da avaliação do circuito simulado entregue.

Para avaliar a apresentação da primeira parte do projeto, a ficha de avaliação do Quadro 2 foi desenvolvida. Novamente, o elemento de competência relacionado à documentação do circuito é avaliado, pois muitos dos esquemas elétricos acabam sendo alterados entre o projeto simulado e o projeto montado. A autonomia é julgada pelo número de vezes que a equipe solicita auxílio do professor ou do monitor da disciplina (Quadro 2), por isso, é muito importante o registro desse tipo de atividade pelo aluno monitor e pelo professor. O terceiro

elemento de competência avaliado é a verificação do atendimento às especificações elétricas por parte do circuito apresentado pela equipe (valores máximos, por exemplo) dos componentes eletrônicos. Ao final, o circuito montado é validado por meio de testes realizados pelo professor. Nesse caso, a quantidade de funções avaliadas tende a ser grande para a utilização de uma escala descritiva. Assim, optou-se por realizar a avaliação usando uma lista de verificação (Quadro 2). No canto inferior direito de cada elemento, ou descrição, está uma sugestão de pontuação. Essa avaliação corresponde a 60% da nota total da parte 1 do projeto.

A segunda parte do projeto tem um fluxo de entrega similar à primeira parte. A avaliação do arquivo simulado da parte 2 do projeto pode ser realizada usando a ficha de avaliação do Quadro 1. Esse reaproveitamento da escala descritiva do Quadro 1 possibilita considerá-la como uma escala descritiva global para avaliação de circuitos eletrônicos. Entretanto, não é possível aproveitar a ficha de avaliação indicada no Quadro 2 para a apresentação da segunda parte do projeto. Portanto, essa etapa é avaliada usando a ficha de avaliação do Quadro 3, que corresponde a 60% da nota da segunda parte do projeto.

Quadro 2 – Ficha de avaliação 2. Apresentação da primeira parte do projeto no laboratório

Escala descritiva global			
Elemento de competência julgado	Descrição 1	Descrição 2	Descrição 3
Projetar circuitos analógicos com documentação clara e concisa (máximo de 10 pontos)	O esquema elétrico é claro, sem cruzamento de conexões, e todas as informações dos componentes estão presentes 10 pontos	O esquema elétrico apresenta alguns cruzamentos de conexões e/ou algumas informações dos componentes estão faltando 6 pontos	O esquema elétrico é confuso, apresenta muitos cruzamentos de conexões e/ou muitas informações de componentes estão faltando 3 pontos
Projetar circuitos analógicos com autonomia (máximo de 10 pontos)	O professor ou monitor não precisou auxiliar a equipe na montagem e validação do circuito 10 pontos	O professor ou monitor precisou auxiliar uma vez a equipe na montagem e validação do circuito 6 pontos	O professor ou monitor precisou auxiliar mais de uma vez a equipe na montagem e validação do circuito 0 pontos
Projetar circuitos analógicos considerando as suas características elétricas (máximo de 10 pontos)	Todos os componentes operam dentro dos seus limites elétricos 10 pontos	Um ou mais componentes operam fora dos seus limites elétricos 3 pontos	
Lista de verificação			
Elemento de competência	Item 1	Item 2	Item 3
Projetar circuitos analógicos respeitando os requisitos pedidos e validando a solução concebida (máximo de 30 pontos)	O circuito detecta corretamente a tensão normal de funcionamento 5 pontos	O circuito detecta corretamente a tensão de falha 5 pontos	O circuito aciona corretamente o LED verde 5 pontos
	Item 4	Item 5	Item 6
	O circuito aciona corretamente o LED vermelho 5 pontos	O circuito apresenta isolamento elétrica adequada 5 pontos	O circuito de alimentação apresenta coordenação com a bateria 5 pontos

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 3 – Ficha de avaliação 3. Apresentação da segunda parte do projeto no laboratório

Elemento de competência	Descrição 1	Descrição 2	Descrição 3
Projetar circuitos analógicos com documentação clara e concisa (máximo de 5 pontos)	O esquema elétrico é claro, sem cruzamento de conexões, e todas as informações dos componentes estão presentes 5 pontos	O esquema elétrico apresenta alguns cruzamentos de conexões e/ou algumas informações dos componentes estão faltando 2 pontos	O esquema elétrico é confuso, apresenta muitos cruzamentos de conexões e/ou muitas informações de componentes estão faltando 0 pontos
Projetar circuitos analógicos com autonomia (máximo de 5 pontos)	O professor ou monitor não precisou auxiliar a equipe na montagem e validação do circuito 5 pontos	O professor ou monitor precisou auxiliar uma vez a equipe na montagem e validação do circuito 3 pontos	O professor ou monitor precisou auxiliar mais de uma vez a equipe na montagem e validação do circuito 0 pontos
Projetar circuitos analógicos considerando as suas características elétricas (máximo de 5 pontos)	Todos os componentes operam dentro dos seus limites elétricos 5 pontos	Um ou mais componentes operam fora dos seus limites elétricos 2 pontos	
Projetar circuitos analógicos eficazes (5 pontos)	A lâmpada LED utiliza pelo menos 9 LEDs de alto brilho 5 pontos	A lâmpada LED utiliza pelo menos 6 LEDs de alto brilho 2 pontos	A lâmpada LED utiliza pelo menos 3 LEDs de alto brilho 0 pontos
Elemento de competência	Item 1	Item 2	Item 3
Projetar circuitos analógicos respeitando os requisitos pedidos e validando a solução concebida (máximo de 40 pontos)	O circuito detecta corretamente a tensão normal de funcionamento 4 pontos	O circuito detecta corretamente a tensão de falha 4 pontos	O circuito aciona corretamente a lâmpada LED verde 4 pontos
	Item 4	Item 5	Item 6
	O circuito aciona corretamente a lâmpada LED vermelha 4 pontos	O circuito apresenta isolamento elétrica adequada 4 pontos	O circuito de alimentação apresenta coordenação com a bateria 4 pontos
	Item 7	Item 8	Item 9
	O circuito temporizador liga a lâmpada verde por 3 segundos 4 pontos	O circuito temporizador liga a lâmpada vermelha por 3 segundos 4 pontos	O circuito apresenta saída de tensão analógica que possibilita discriminar a queima de LEDs da lâmpada vermelha 4 pontos
	Item 10		
	O circuito apresenta saída de tensão analógica que possibilita discriminar a queima de LEDs da lâmpada verde 4 pontos		

Fonte: elaborado pelo autor

O saber-ser é avaliado pela escala descritiva, correspondendo a 20% da nota dessa parte, indicada também na Quadro 3. Novamente, a documentação, a autonomia e a observância das características elétricas do projeto são avaliadas. Entretanto, um novo item foi adicionado, servindo para verificar se o aluno tem a preocupação de conceber uma solução realmente eficaz. A comprovação vem pela quantidade de LEDs utilizados para compor a lâmpada de sinalização. O mais cômodo e fácil é utilizar apenas três LEDs da fita, porém o resultado visual fica ruim. Utilizar nove ou mais LEDs deixa a solução mais complexa, mas o resultado óptico final é muito melhor. Deve-se observar que, se esse critério for divulgado, os alunos irão segui-lo apenas para ganhar a nota, dificultando o julgamento do saber-ser. Esse é um problema de avaliação, pois, para aferir um saber-ser, não se pode divulgar os critérios de julgamento.

O saber-fazer é avaliado por uma lista de verificação, indicada no Quadro 3, equivalendo a um total de 40% da nota. Nesse caso, o professor irá conferir se o circuito final realiza cada uma das funções solicitadas, podendo dar pontuações parciais caso algum item funcione parcialmente.

Depois de apresentada a segunda parte do projeto no laboratório, a equipe deve realizar uma apresentação oral do seu projeto. Nessa apresentação, a equipe tem 10 minutos para explicar o circuito desenvolvido e citar as principais dificuldades, com todos os membros da equipe devendo apresentar. A avaliação por pares é utilizada nesse momento, ou seja, todos os alunos da turma avaliarão a apresentação de cada um dos membros da equipe, sugerindo-se o uso da ficha de avaliação do Quadro 4. Uma forma simples e prática de implementar essa metodologia é utilizando o recurso Laboratório de Avaliação (*workshop*) do ambiente Moodle (GOMES, 2018). Com esse recurso, é possível inserir os itens do Quadro 4 como aspectos de nota, nos quais os alunos avaliam cada apresentação logo depois delas ocorrerem e, ao fim, o Moodle calcula a nota de cada aluno. Com isso, a nota da apresentação individual é integralizada com a nota dada pelo professor e a nota da avaliação por pares, na proporção de 50% para cada uma delas.

Quadro 4 – Ficha de avaliação 4. Apresentação oral

Item	Descrição	Concordo totalmente (2 pontos)	Concordo parcialmente (1 ponto)	Discordo Totalmente (0 pontos)
1	A apresentação do aluno foi clara e objetiva?			
2	O aluno mostrou domínio do assunto?			
3	A apresentação do aluno demonstrar ter sido ensaiada previamente?			
4	O aluno utilizou linguagem correta e apropriada para o público?			
5	O aluno fez contato visual com o público e se expressou em tom de voz adequado durante a apresentação?			

Fonte: elaborado pelo autor

A nota final da disciplina é obtida com 70% de peso para as avaliações teóricas (média aritmética das três provas escritas) e 30% de peso para a avaliação do projeto. O peso do projeto é relativamente baixo em relação às avaliações teóricas porque a maior parte da disciplina é expositiva e, também, para que a nota final seja condizente com o desenvolvimento individual de cada aluno, visto que o projeto é atividade realizada em equipe.

A nota do projeto da equipe é calculada como uma média geométrica entre a nota da primeira parte e

a nota da segunda parte do projeto (40% da nota é relativa à entrega da simulação e 60% da nota é relativa à apresentação do circuito, para ambas as partes). A razão para a utilização da média geométrica é evitar que os alunos deixem de realizar a segunda parte do projeto. Isso é importante porque a avaliação da competência precisa das duas situações-problema e também devido ao peso de 70% das avaliações teóricas. No entendimento deste autor, caso fosse usada média aritmética nas notas das duas partes do projeto, alguns alunos poderiam desistir de desenvolver a segunda parte apenas porque já teriam obtido a nota necessária para a aprovação pela nota das avaliações teóricas, acrescida da nota da primeira parte do projeto.

A nota individual é obtida pela média aritmética entre a nota do projeto da equipe e a nota obtida na apresentação oral de cada aluno (Quadro 4). Com isso, é possível ponderar, de forma mais justa, a nota dos alunos que trabalharam mais no projeto em relação aos alunos que trabalharam menos.

Uma sugestão para reforçar ainda mais a avaliação individual de cada aluno é utilizar uma avaliação por pares ao final de cada parte do projeto. Nesse caso, cada membro da equipe avaliaria a contribuição de seus colegas no desenvolvimento do projeto. Uma proposta para realizar essa avaliação está mostrada na ficha de avaliação do Quadro 5.

Quadro 5 – Ficha de avaliação 5. Avaliação por pares

Item	Descrição	Trabalhou muito (5 pontos)	Trabalhou razoavelmente (3 pontos)	Trabalhou pouco (2 pontos)	Não trabalhou (zero pontos)
1	Qual foi a parcela de contribuição do seu colega de equipe quanto à atividade de envio do circuito simulado do projeto?				
2	Qual foi a parcela de contribuição do seu colega de equipe quanto à atividade de projeto, montagem e teste do circuito?				

Fonte: elaborado pelo autor

7 RESULTADOS

A metodologia proposta já foi aplicada em três semestres consecutivos: no segundo semestre de 2018 e no primeiro e segundo semestres de 2019. Na UTFPR, os alunos podem realizar uma Avaliação do Docente de forma anônima. Próximo do fim do semestre, é liberado acesso aos alunos para um formulário-questionário de avaliação dos professores. O preenchimento do questionário não é obrigatório, mas a Universidade incentiva os alunos a responderem. O professor é avaliado em cinco dimensões: conteúdo, didática, planejamento, avaliação e relacionamento. As opções

de resposta disponíveis são: nunca, raramente, algumas vezes, quase sempre e sempre. O Quadro 6 detalha o formulário-questionário aplicado junto aos alunos. Nessa avaliação, os estudantes também podem fazer comentários sobre a disciplina. Observa-se que o campo de comentários é opcional. Os resultados dessa avaliação foram utilizados para medir o desempenho da metodologia proposta.

Quadro 6 – Formulário-questionário da avaliação do docente pelo discente

Item	Dimensão	Pergunta
1	Conteúdo	O professor demonstra conhecimento a respeito do conteúdo?
2	Didática	O professor apresenta o conteúdo de forma clara e objetiva?
3	Planejamento	O professor apresenta as ações a serem realizadas durante o período letivo?
4	Avaliação	O professor estabelece previamente os parâmetros da avaliação?
5	Relacionamento	O professor mantém postura adequada à prática do ensino?

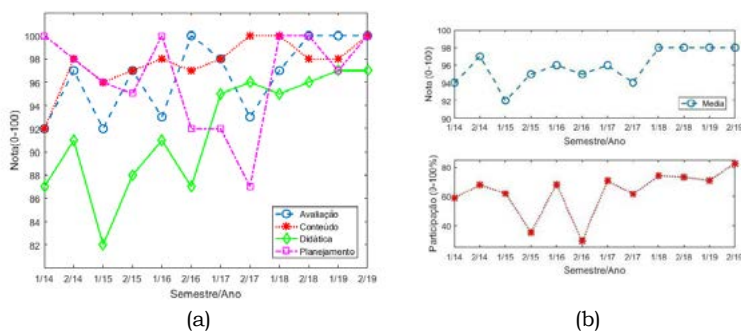
Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 5a, é apresentado um gráfico com a distribuição de notas do professor da disciplina de Eletrônica Analógica 1 de 2014 a 2019. Pode-se observar que as notas das dimensões de Avaliação, Didática e Planejamento aumentam a partir do segundo semestre de 2018, quando a metodologia proposta começa a ser aplicada. A Figura 5b ilustra a evolução da nota média das cinco dimensões e a participação efetiva dos alunos.

Observa-se que a nota do docente, que até 2017 estava oscilando numa média de 95, aumenta para 98 e se mantém constante. Adicionalmente, ressalta-se que a participação dos alunos nas avaliações de 2017 até 2019 é sempre maior que 60%, o que corrobora os resultados, tornando-os mais confiáveis.

O Quadro 7 apresenta os comentários que os alunos fizeram sobre a disciplina no período dos três semestres em que a metodologia foi aplicada. No comentário, o aluno pode dissertar sobre todos os aspectos da disciplina. Ressalta-se que são apresentados, na sequência, apenas os comentários que mencionaram a metodologia proposta. Observa-se que a principal reclamação está na carga de trabalho ou falta de tempo.

Figura 5 – Notas do docente no decorrer dos anos/semestres. (a) Evolução das notas do docente em cada quesito; (b) Evolução da média das notas do docente (acima) e da respectiva participação dos alunos (abaixo)



Fonte: elaborada pelo autor

Quadro 7 – Comentários dos alunos

Aluno	Comentários
1	<i>“Por já fazer a matéria por mais de uma vez, percebi um imenso progresso em termos de qualidade das aulas e da forma como é feita a aplicação de tudo na prática. O uso do laboratório como complemento da sala de aula ficou muito melhor do que antes, quando deveríamos seguir um roteiro. E a ideia dos projetos é ótima, nos faz querer mesmo aprender e ver como aquilo tudo funciona na prática, para uma aplicação real”</i>
2	<i>“O projeto, apesar de demandar tempo, é uma ótima maneira de aprender”</i>
3	<i>“Gostei do uso do Mentimeter. Entretanto, sugiro tanto que a utilize mais vezes, de forma mais bem distribuída ao longo do semestre e não apenas nos primeiros conteúdos, como também sugiro que ele avalie bem o uso, pois pode consumir um tempo precioso de aula. Os projetos são atividades interessantes de se continuar aplicando, mas o peso deles na nota final poderia ser revisto”</i>
4	<i>“Na disciplina de Eletrônica Analógica 1, eu gostei do método que o professor está usando. Até o momento, as provas parecem condizentes com o ensinado e o nível das perguntas das provas está muito bom e fácil de entender e gostei muito apesar de ter errado algumas questões em prova. A prova 2 estava condizente com o conteúdo e os projetos estão dentro do possível de serem feitos. Eu estou gostando muito do método do professor nesse semestre”</i>
5	<i>“Na disciplina de Eletrônica Analógica 1, o professor apresenta o conteúdo de forma clara e objetiva, além de sempre fazer revisão rápida de aulas anteriores, o que auxilia no aprendizado, eu gostei muito do método do professor e sempre responde as dúvidas com clareza buscando o melhor aprendizado do aluno, sem falar também dos projetos desafiadores, apesar de eu ter tido dificuldades, acho um método fundamental para a formação de novos engenheiros, porque o engenheiro estará sempre ligado a área de projetos normalmente e manutenção”</i>
6	<i>“Com relação ao projeto nesse semestre tivemos pouco tempo entre a entrega da simulação do projeto para a montagem dele acredito que se tivesse uma semana a mais para fazer a montagem após a entrega da simulação seria de grande ajuda”</i>
7	<i>“Os projetos demandam muito tempo, e mesmo o aluno se dedicando bastante nem sempre terá o retorno em nota de sua dedicação, pois nem sempre funciona a prática”</i>
8	<i>“Os projetos tomam muito tempo, principalmente daqueles que fazem muitas disciplinas”</i>

Fonte: elaborado pelo autor

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado na abordagem de avaliação de competências de Scallon (2015), foram definidas as competências para a disciplina de Eletrônica Analógica 1 do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR – *Campus* Toledo. Os elementos formadores da competência foram a matéria-prima para composição das fichas de avaliação das situações-problema. Com isso, a avaliação das atitudes dos alunos, que vão além dos requisitos funcionais do projeto, como a autonomia, a documentação correta, o respeito a características elétricas, entre outros, se torna possível. Deve-se salientar, contudo, que a metodologia descrita não tem a intenção de certificar as competências dos alunos, pois, para isso, seria preciso observá-los em pelo menos três situações-problema (SCALLON, 2015), o que não é possível de se realizar no formato da disciplina atual. Portanto, para uma aplicação efetiva da metodologia de avaliação por competências de Scallon (2015), seria necessário ter uma disciplina específica de certificação após as disciplinas básicas. Mesmo assim, a metodologia descrita pode ser aproveitada para a aplicação em uma disciplina certificadora.

Observa-se que a ideia da metodologia proposta é inovar na caracterização de projetos não estruturados e com aspectos reais do mercado de trabalho e na avaliação das soluções concebidas. Acredita-se que isso pode preparar melhor o aluno para o mercado de trabalho, para as disciplinas subsequentes e para uma disciplina certificadora de competências. Nesses

dois anos em que essa nova metodologia foi utilizada, constatou-se que os alunos ficaram mais motivados para o estudo da disciplina e que não se verificou a cópia de projetos entre equipes. Ademais, a melhora dos estudantes no que tange ao aspecto de projeto de circuitos foi notável. Prova disso está nos novos alunos monitores da disciplina, que demonstraram uma facilidade muito maior em projetar circuitos analógicos do que os alunos que não vivenciaram esse método.

É importante salientar que, para a aplicação dessa metodologia, é necessário um grau moderado de domínio do conteúdo pelo professor. Isso é fundamental, pois, caso contrário, o professor poderá ter muita dificuldade para analisar e fornecer os *feedbacks* das soluções propostas pelos alunos. Não é recomendado, portanto, que o docente aplique esse tipo de metodologia no primeiro ano em que estiver lecionando essa disciplina.

Após algumas aplicações dessa metodologia, uma sugestão interessante seria utilizar novos tipos de situação-problema para os alunos, que se encaixassem na mais alta categoria da Taxonomia de Bloom (BLOOM *et al.*, 1956; ANDERSON *et al.*, 2001). Por exemplo, pode-se criar um problema no final da disciplina em que os alunos avaliam o envio do arquivo de simulação de uma turma anterior, atuando da mesma forma que o professor, analisando o circuito e emitindo *feedbacks*. O professor pode comparar o resultado do *feedback* que ele deu com a análise dos alunos para fazer o julgamento da nota.

Outro formato de problema interessante na categoria de avaliação, mas com um formato mais prático, seria o de entregar um circuito montado que não funciona e pedir ao aluno/equipe para analisar e corrigir o defeito (MANTRI *et al.*, 2008).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W. *et al.* **A taxonomy for learning, teaching and assessing**: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Addison Wesley Longman, 2001. 336 p.

BALCAZAR, A. H. F. *et al.* **Exemplo de circuito do Projeto Doglight (parte 1) utilizando isolamento com optoacoplador em modo ativo**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339483597_Exemplo_de_circuito_do_Projeto_Doglight_parte_1_utilizando_isolacao_com_optoacoplador_em_modos_ativo. Acesso em: mai. 2021.

BHUYAN, M. H.; KHAN, S. S. A.; RAHMAN, M. Z. Teaching analog electronics course for Electrical Engineering students in cognitive domain. **Journal of Electrical Engineering**, v. EE40, n. I & II, p. 52-58, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18844/ijlt.v10i1.3140>. Disponível em: <https://un-pub.eu/ojs/index.php/ijlt/article/view/3140>. Acesso em: jan. 2021.

BLOOM, B. S. *et al.* **Taxonomy of educational objectives**: the classification of educational objectives. New York: David McKay, 1956. 262 p.

BOYLESTAD, R. L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

GOMES, V. L. Avaliação por pares utilizando Moodle Workshop aplicável ao currículo baseado em competências. **Revista do Exército Brasileiro**, v. 154, n. 3, p. 58-67, 2018. Disponível em: <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/index.php/REB/article/view/2481>. Acesso em: jan. 2021.

INACIO, A. H. *et al.* **Projeto eletrônico do circuito Doglight utilizando transformador para isolamento e amplificadores operacionais**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339483936_Projeto_eletronico_do_circuito_Doglight_utilizando_transformador_para_isolacao_e_amplificadores_operacionais. Acesso em: mai. 2021.

MACÍAS-GUARASA, J. *et al.* A project-based learning approach to design electronic systems curricula. **IEEE Transactions on Education**, v. 49, n. 3, p. 389-397, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2006.879784>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1668283>. Acesso em: jan. 2021.

MANTRI, A. *et al.* Designing problems for problem-based learning courses in analogue electronics: cognitive and pedagogical issues. **Australian Journal of Engineering Education**, v. 14, n. 2, p. 33-42, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/22054952.2008.11464013>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/22054952.2008.11464013>. Acesso em: jan. 2021.

MARTINEZ-RODRIGO, F. *et al.* Using PBL to improve outcomes and student satisfaction in the teaching of DC/DC and DC/AC converters. **IEEE Transactions on Education**, v. 60, n. 3, p. 229-237, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2643623>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7817795>. Acesso em: jan. 2021.

NERGUIZIAN, V.; RAFAF, M. Problems and projects based approach for analog electronic circuits' course. **Systemics, Cybernetics and Informatics**, v. 7, n. 2, p. 41-45, 2009.

NICOLA, R. M. S.; VOSGERAU, D. S. A. R. Conceitos e enfoques em competências nas pesquisas brasileiras: uma revisão narrativa. **Revista e-Curriculum**, v. 17, n. 1, p. 107-144, 2019. DOI: <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2019v17i1p107-144>. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/37162>. Acesso em: jan. 2021.

NOSE, M. M.; REBELATTO, D. A. N. O perfil do engenheiro segundo as empresas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 29., 2001, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: ABENGE, 2001.

PODGES, J. M. *et al.* Mixing Problem Based Learning and conventional teaching methods in an analog electronics course. **American Journal of Engineering Education**, v. 5, n. 2, p. 99-114, 2014. DOI: <https://doi.org/10.19030/ajee.v5i2.8973>. Disponível em: <https://clutejournals.com/index.php/AJEE/article/view/8973>. Acesso em: jan. 2021.

POPHAM, W. J. **Modern educational measurement: practical guidelines for educational leaders**. 3 ed. Boston: Allyn and Bacon, 2000.

PRINCE, M. J.; FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>. Acesso em: jan. 2021.

RAZAVI, B. **Fundamentos de microeletrônica**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

SCALLON, G. **Avaliação da aprendizagem numa abordagem por competências**. Curitiba: PUCPress, 2015.

SCALLON, G. **L'évaluation formative**. Saint-Laurent: Éditions du Renouveau Pédagogique, 1999.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microeletrônica**. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

ZHANG, Z.; HANSEN, C. T.; ANDERSEN, M. A. E. Teaching Power Electronics with a design-oriented project-based learning method at the Technical University of Denmark. **IEEE Transactions on Education**, v. 59, n. 1, p. 32-38, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2426674>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7101878>. Acesso em: jan. 2021.

Capítulo 10

UTILIZAÇÃO DE METODOLOGIAS ÁGEIS (eduScrum) NOS CURSOS DE ENGENHARIA DO IFMG - CAMPUS BETIM

Norimar de Melo Verticchio

1. INTRODUÇÃO

Os setores produtivos e a sociedade estão mudando com o advento da Quarta Revolução Industrial, também denominada Indústria 4.0. As principais características desse novo modelo de indústria são a utilização de novos sistemas de informação, da internet das coisas (*Internet of Things* – IoT), da automação e robótica, da manufatura aditiva, do *Big Data*, da fábrica virtual,

dos robôs autônomos, dos sistemas integrados e da Inteligência Artificial (IA) (LIMA, PINTO, 2019; PEREIRA, SIMONETTO, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

A utilização dessas tecnologias extrapolou os setores industriais e alterou a sociedade, que atualmente possui novas alternativas para solicitar alimentação, transporte e se comunicar, modificando também as relações de trabalho. Para atuar nessa nova sociedade, é preciso que novas competências e habilidades sejam desenvolvidas.

Dovala (2004, p. 5) entende competência como sendo “a presença de características ou a ausência de incapacidades, as quais tornam uma pessoa adequada ou qualificada para realizar uma tarefa específica, ou para assumir um papel definido”, ou seja, as competências estão relacionadas, diretamente, com as características necessárias para que o cidadão consiga atuar na sociedade.

Mas, afinal, quais competências são necessárias para os profissionais de Engenharia? Vários autores destacam a importância das competências transversais ou *soft skills*, tais como: visão sistêmica, capacidade empreendedora e gerencial, capacidade de aprender a aprender, atitude investigativa e o saber fazer com criatividade e ousadia, comunicação oral e escrita, trabalho em equipe, responsabilidade, autonomia, negociação e gestão de conflitos (DIREITO, PEREIRA, DUARTE, 2012; GUIMARÃES, BARRETO, 2019; HALFHILL, NIELSEN, 2007; LONGO, 2004; SHUAYTO, 2013; VERTICCHIO, 2006; ZABALA, ARNAU, 2010). Essa visão é corroborada pelo *World Economic Forum*

(2016), que apresentou uma relação das competências e habilidades dos trabalhadores a serem exigidas pelas empresas em 2020. As principais citadas são:

[...] pensamento analítico e inovação, aprendizagem ativa e estratégias de aprendizagem, criatividade, originalidade e iniciativa, projeto e programação de tecnologia, pensamento e análise críticos, solução complexa de problemas, liderança e influência social, inteligência emocional, raciocínio, resolução de problemas e ideação e análise e avaliação de sistemas (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Com o intuito de alinhar a formação dos profissionais de Engenharia com as novas demandas da indústria, o Conselho Nacional de Educação (CNE) aprovou, em 2019, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos de Engenharia. Ter visão holística, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e forte formação técnica, além de atuar de forma inovadora e empreendedora, são algumas das características apresentadas no artigo 3º das novas DCNs (CNE, 2019).

Outra questão importante que precisa ser respondida é: “Como desenvolver essas competências durante os cursos de Engenharia?” No artigo 6º das novas DCNs das Engenharias, o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve contemplar um conjunto das atividades de aprendizagem que assegurem o desenvolvimento das competências

estabelecidas no perfil do egresso. Tal artigo também informa que os cursos de Engenharia devem incentivar os trabalhos dos discentes, seja em grupo ou individual, implementar atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade e estimular o uso de metodologias ativas de ensino durante a formação do engenheiro. Para Barbosa e Moura (2014), a utilização dessas metodologias contribui, de maneira relevante, para a criação de ambientes de aprendizagem contextualizados, gerando, assim, grande impacto na formação dos profissionais de Engenharia.

Este capítulo se propõe a detalhar a estrutura do *framework* eduScrum e apresentar os resultados obtidos por meio da sua utilização nas disciplinas de Fenômenos de Transporte, do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação, e de Processos de Fabricação II, do curso de graduação em Engenharia Mecânica, ambas ofertadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Betim.

A estrutura do capítulo é a seguinte: na seção 2, é ilustrada uma visão geral do uso das metodologias ágeis na Educação; na seção 3, o eduScrum é descrito de forma mais detalhada; na seção 4, é apresentada a utilização do eduScrum nas disciplinas de Fenômenos de Transporte e Processos de Fabricação II do IFMG – *Campus* Betim; na seção 5, os resultados obtidos foram apresentados e discutidos; por fim, na seção 6, as considerações finais são apresentadas.

2 METODOLOGIAS ÁGEIS NA EDUCAÇÃO

As metodologias ágeis são *frameworks* criados para o desenvolvimento de softwares. Esses *frameworks* se baseiam em uma abordagem interativa, com equipes multidisciplinares e autogerenciáveis focadas na redução do desperdício de recursos, do tempo de desenvolvimento e do esforço. Existem várias metodologias ágeis, tais como: *Feature Driven Development* (FDD), *eXtreme Programming* (XP), *Microsoft Solutions Framework* (MSF), *Dynamic System Development Model* (DSDM) e o Scrum. Segundo Salza, Musmarra e Ferrucci (2019), as metodologias mais utilizadas no mundo são o XP e Scrum. Sutherland (2016) destaca que o Scrum extrapolou o setor de desenvolvimento de software e está sendo utilizado em diferentes áreas, inclusive na Educação.

Stewart *et al.* (2009) realizaram uma extensa revisão da literatura, mostrando como as metodologias ágeis estavam sendo utilizadas na Educação e também relacionando os valores e princípios definidos no “manifesto para o desenvolvimento ágil de software”, publicado em 2001¹, com os valores e princípios específicos dos métodos e atividades educacionais. Salza, Musmarra e Ferrucci (2019) compilaram esses valores, conforme exposto no Quadro 1.

1 BECK, K. *et al.* **Manifesto for agile software development.** 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/>. Acesso em: jan. 2021.

Quadro 1 – Mapeamento dos valores das metodologias ágeis aplicados na sala de aula

Valores	Manifesto ágil	Manifesto ágil para a Educação
1	Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas	Estudantes mais que processos tradicionais e ferramentas
2	Software em funcionamento mais que documentação abrangente	Projetos funcionando mais que documentação abrangente
3	Colaboração com os clientes mais que negociação de contratos	Colaboração entre professor e aluno mais que currículo rígido
4	Responder a mudanças mais que seguir um plano	Responder aos feedbacks em vez de seguir um plano

Fonte: Salza, Musmarra e Ferrucci (2019, p. 31)

O primeiro valor, apresentado no Quadro 1, relaciona a importância da centralidade do estudante no processo de aprendizagem e reforça, assim, a importância das metodologias ativas como ferramentas de aprendizagem. O segundo valor enfatiza a necessidade de iniciar os trabalhos com projetos desde o início das aulas e não somente após o conteúdo ter sido ministrado. Tanto o terceiro quanto o quarto valores estão relacionados à flexibilidade durante o desenvolvimento das atividades educacionais. Ao se utilizar metodologias ágeis, existe uma maior colaboração entre o professor e o aluno; e, se os resultados esperados não forem atingidos, o aluno recebe um *feedback* imediato, podendo trabalhar novamente para atingir as metas de aprendizagem.

Em relação à utilização das metodologias ágeis na Educação, Stewart *et al.* (2009) destacam que, no ensino

superior, as metodologias ágeis são utilizadas com maior frequência nas disciplinas relacionadas à Computação, como Engenharia de Software e Ciência da Computação. Salza, Musmarra e Ferrucci (2019) destacam que ainda há poucos relatos do uso desse *framework* em outros conteúdos da graduação. Um exemplo apresentado pelos autores foi a utilização de metodologias ágeis e do Aprendizado Baseado em Projetos no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Regional de Blumenau, estado de Santa Catarina. Ferreira e Martins (2016) relatam a aplicação do eduScrum no ensino de Matemática e Física nos cursos de Engenharia do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em Portugal.

3 UMA VISÃO GERAL DO EDUSCRUM

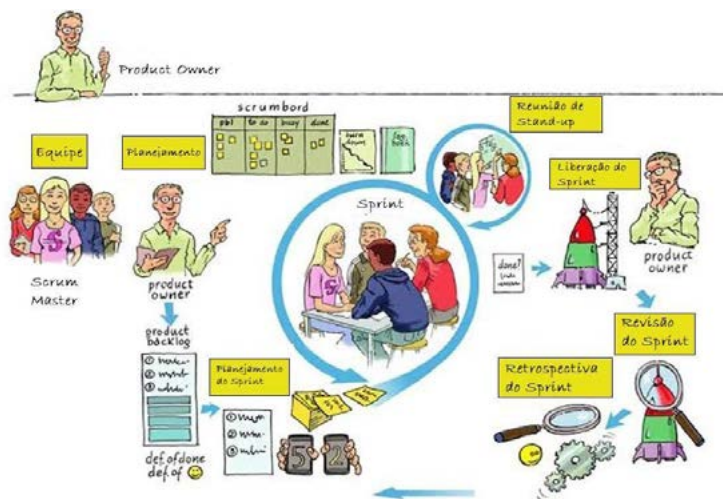
Os pilares do Scrum foram desenvolvidos por Takeuchi e Nonaka (1986) e a sua aplicação no desenvolvimento de softwares foi descrito por Degrace e Stahl (1990). Os princípios, as regras, os papéis, os eventos e os artefatos utilizados, atualmente, no Scrum foram apresentados no documento denominado “Guia Scrum”. Nesse documento, o Scrum é definido como:

[...] um *framework* estrutural que está sendo usado para gerenciar o desenvolvimento de produtos complexos desde o início de 1990. Scrum não é um processo ou uma técnica para construir produtos; em vez disso, é

um framework dentro do qual você pode empregar vários processos ou técnicas (SCHWABER; SUTHERLAND, 2017, p. 3).

Já o eduScrum foi desenvolvido pelo professor de Química do Colégio Ashram, Willy Wijnands, na cidade de Alphen aan den Rijn, na Holanda. O termo eduScrum é formado pela junção das palavras Educação e Scrum, sendo uma adaptação do *framework* Scrum para o ambiente educacional. Baseando-se nos princípios do Scrum, o professor implementou essa metodologia em suas turmas, em 2011, com alunos na faixa etária entre 12 e 18 anos (SUTHERLAND, 2016). Para auxiliar outros professores na implantação dessa versão do Scrum adaptado para a educação, Wijnands fundou o eduScrum e produziu o Guia eduScrum (DELHIJ; VAN SOLINGEN; WIJNANDS, 2016). A Figura 1 ilustra o *framework* eduScrum, com os eventos, os artefatos e os papéis.

Figura 1 – Representação esquemática do eduScrum



Fonte: Haiku Deck (2016)

3.1 Os papéis no eduScrum

O eduScrum possui três papéis básicos muito bem definidos: o *Product Owner*, o *Master Scrum* e a equipe de estudantes. Considerando a concepção construtivista, na qual o papel ativo e protagonista do aluno não se contrapõe à necessidade de um papel igualmente ativo por parte do educador (ZABALA, 1998), o professor assume, no eduScrum, um papel fundamental, o de *Product Owner* (PO).

Nesse papel, o professor é responsável por (DELHIJ, VAN SOLINGEN, WIJNANDS, 2016; WIJNANDS,

STOLZE, 2019): i) definir os conteúdos de aprendizagem; ii) facilitar o processo de utilização do eduScrum e o processo de desenvolvimento pessoal e de equipe dos alunos; iii) controlar e melhorar a qualidade dos resultados educativos; iv) avaliar e julgar os resultados educacionais. Entende-se por conteúdos de aprendizagem tudo que se deve aprender para alcançar determinados objetivos, abrangendo as capacidades cognitivas, as capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social (ZABALA, 1998).

No início das atividades, o professor conduzirá o processo de formação das equipes de estudantes por meio de um formulário específico no qual os alunos se autoavaliam em diversas competências e características, com os grupos sendo formados a partir dessa autoavaliação. As equipes são auto-organizáveis e autogerenciáveis; para que isso ocorra, é preciso que os seus membros tenham diferentes competências e estejam motivados para a realização do trabalho. A motivação e a disposição dos alunos em participar de uma atividade, realizar uma tarefa ou estudar um conteúdo tem uma grande influência no resultado do processo educacional, porém é uma das tarefas mais negligenciadas pelos professores (LOURENÇO, PAIVA, 2010; ZABALA, 1998).

Para motivar os alunos, Wijnands e Stolze (2019) sugerem que o professor utilize o círculo dourado proposto por Sinek (2018). Sinek (2018) argumenta que as pessoas realmente se importam é com o “porquê” as coisas são feitas e não com “o que” ou “como” são

feitas. Seguindo a mesma linha de pensamento, o que motiva os alunos é o “porquê” estudar um determinado conteúdo ou realizar uma determinada tarefa, e não “o que” ou “como” realizá-la. Ao apresentar o motivo de se estudar aquele conteúdo e utilizar o eduScrum, o professor atende à principal preocupação da teoria de Ausubel, na qual “os conceitos novos se relacionem ao que o indivíduo já sabe ou algum aspecto relevante da sua estrutura de conhecimento” (CARVALHO; PORTO; BELHOT, 2001, p. 87).

A próxima tarefa do professor é entregar aos alunos o *backlog* do trimestre. O *backlog* é definido como sendo “uma lista ordenada dos conteúdos de aprendizagem e métodos de trabalho que os alunos deverão adquirir durante a disciplina” (DELHIJ; VAN SOLINGEN; WIJNANDS, 2016, p. 17). O *backlog* é trabalhado em *sprints*. Wijnands e Stolze (2019, p. 100) definem o *sprint* como “um período determinado de tempo no qual as equipes trabalham de acordo com o PDCA (*Plan, Do, Check and Act*)”. Desse modo, o professor determina a quantidade de trabalho que deverá ser realizado e em qual intervalo de tempo.

É importante destacar que, durante o desenvolvimento do trabalho, o professor deve atuar como um mentor das equipes, fornecendo *feedbacks*, elucidando dúvidas, indicando os caminhos, ministrando aulas expositivas, fornecendo materiais extras, orientando o trabalho em equipe e auxiliando nos eventos do eduScrum.

Por fim, o professor tem o papel de avaliar os alunos, as equipes e as entregas realizadas. A avaliação leva

em consideração a formação integral do estudante, ou seja, conteúdos conceituais (o que se deve saber?), os procedimentais (o que se deve fazer?) e os atitudinais (o que se deve ser?) (COLL *et al.*, 2000). Nesse processo, o professor auxilia os alunos na busca pelo Kaizen, ou seja, a melhoria contínua do estudante e da equipe (WIJNANDS; STOLZE, 2019). Um resumo das tarefas que devem ser executadas pelo professor no eduScrum é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição das tarefas do professor durante a execução do eduScrum

Tarefa	Descrição
Auxiliar na formação das equipes	As equipes de alunos devem ser auto-organizáveis e multi-disciplinares, ou seja, são formadas levando em consideração as competências e conhecimentos prévios dos alunos
Motivar os alunos	Nas duas primeiras aulas, o professor deve explicar para os alunos o que é o eduScrum, sua relevância, como funciona e, principalmente, explicitar o porquê será utilizada essa metodologia. Também deve apresentar os conteúdos de aprendizagem e explicitar qual a relevância de desenvolvê-los
Definir os conteúdos de aprendizagem de cada sprint (<i>backlog</i>)	O professor deve apresentar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que os alunos devem obter durante o desenvolvimento do trabalho
Definir e explicar os critérios de aceitação	Explicar claramente quais são os critérios que determinam que um conteúdo de aprendizagem foi alcançado, definindo notas mínimas para as avaliações, tipo e tamanho das apresentações, prazos, entre outros
Atuar como facilitador da aprendizagem	Acompanhar o trabalho das equipes, esclarecendo as dúvidas dos alunos tanto com relação ao conteúdo quanto em relação ao eduScrum. Ministrando aulas expositivas. Auxiliar na compreensão dos conceitos mais complexos

Continua

Conclusão

Ajudar todos os envolvidos a seguir o processo eduScrum e a trabalhar em equipe	Garantir que as equipes formadas possuam habilidades complementares, fornecer às equipes feedbacks positivos, explicações extras e demonstrações sobre a utilização do eduScrum e do trabalho em equipe
Avaliar as entregas dos alunos e o desenvolvimento do trabalho individual e em equipe	Acompanhar o progresso do trabalho e avaliar o desenvolvimento das competências transversais dos alunos, por meio da observação sistemática da atuação das equipes. Avaliar e fornecer feedback dos trabalhos apresentados pelos alunos, considerando não só os conteúdos conceituais, mas também os procedimentais e os atitudinais

Fonte: Delhij, Van Solingen e Wijnands (2016)

Os estudantes também possuem um papel central no eduScrum, pois eles são os responsáveis pelo desenvolvimento, pela entrega e pela qualidade do trabalho realizado durante o *sprint*. Além disso, um dos estudantes assumirá o papel de Scrum Master, que tem a função de facilitar o trabalho em equipe e ajudar na utilização do *framework* eduScrum, ou seja, na realização dos eventos essenciais ao funcionamento da metodologia. A escolha do Scrum Master é realizada pela própria equipe.

3.2 Os eventos eduScrum

Assim como o Scrum, o eduScrum é constituído por uma série de eventos que são necessários para o desenvolvimento da aprendizagem. Cada evento constitui em uma oportunidade formal de inspecionar

e adaptar o processo, ou seja, é por meio dos eventos que o professor avaliará o desenvolvimento dos alunos e lhes fornecerá *feedback*, auxiliando no desenvolvimento e na melhoria das competências e das habilidades dos alunos e das equipes. O Quadro 3 ilustra todos os eventos desenvolvidos durante o eduScrum.

Quadro 3 – Descrição dos eventos eduScrum

1 – Formação das equipes

A formação da equipe com base nas qualidades e habilidades dos participantes é essencial para um melhor desempenho da aprendizagem. Para alcançar uma boa composição das equipes, os seguintes critérios são importantes:

Qualidades complementares entre os membros da equipe;

Proporção equilibrada entre os gêneros;

Composição diferente dos trabalhos anteriores em equipe.

2 – Definições de pronto (*Definition of Doing* – DoD) e Definições de diversão (*Definition of Fun* – DoF)

Os estudantes devem definir os acordos do trabalho em equipe e escrevê-los nas DoD e DoF. Esses acordos se referem à qualidade das entregas e a como a equipe desenvolverá seu trabalho de forma prazerosa e que atenda aos critérios de aceitação.

3 – Planejamento do *sprint*

O professor apresenta uma visão geral do trabalho, o número de aulas e as unidades didáticas do *Sprint*, as entregas, o modelo de avaliação, os critérios de aceitação e as datas importantes. A partir dessas informações, os alunos planejam todas as tarefas que serão realizadas durante aquele *Sprint*. Essas tarefas são escritas em notas adesivas colocadas no Kanban, na coluna “a fazer” e devem responder às seguintes perguntas:

O que precisamos fazer? Em qual ordem? Quem fará o quê?

Quais materiais didáticos vamos utilizar? Quais ferramentas precisamos?

Como vamos pesquisar, compartilhar e apresentar os conhecimentos adquiridos?

Como vamos cumprir os critérios de aceitação?

4 – Desenvolvimento do trabalho

Os alunos desenvolverão o trabalho por meio das tarefas que eles definiram no evento “planejamento do *sprint*”. Enquanto a equipe estiver realizando a tarefa proposta, as notas adesivas ficam na coluna “fazendo” do Kanban, e, após a conclusão da tarefa, a nota adesiva é deslocada na coluna “feito”.

Continua

Dessa forma, toda a equipe e o professor conseguem fazer a gestão do trabalho. A tarefa somente é deslocada para a coluna “feito” quando cumpre os critérios estabelecidos na DoD e nos critérios de aceitação. Durante o desenvolvimento do trabalho, são realizados dois eventos intermediários: as reuniões de *stand up* e a construção do gráfico *run-up*.

4.1 – Reuniões de *stand up*

A reunião de *stand up* é realizada no início de todas as aulas. Os alunos vão até o seu Kanban e iniciam a reunião, que deve durar no máximo 5 minutos, na qual cada estudante responde às seguintes perguntas:

O que eu fiz desde a última reunião de *stand up*?

O que eu vou fazer nessa aula e até a próxima reunião de *stand up*?

Quais obstáculos ou impedimentos estão me atrapalhando ou atrapalhando a equipe?

As equipes não vão discutir sobre os impedimentos ou problemas durante o *stand up*; essa discussão deve ser feita após a reunião.

4.2 – Gráfico *run-up*

Esse gráfico deve ser atualizado durante a reunião de *stand-up* e tem como objetivo medir o progresso do time e indicar, de forma transparente, se o trabalho está rápido o suficiente para entregar as tarefas dentro do prazo estipulado. Os alunos estimam o nível de complexidade da tarefa. Para isso, pode-se recorrer a algumas ferramentas como o Poker Planning, no qual utiliza-se a sequência de Fibonacci para estimar essa complexidade. Após avaliar todas as tarefas criadas no “planejamento do *sprint*”, os alunos somam os pontos atribuídos a cada uma delas, e esse valor é colocado no gráfico. A cada tarefa concluída, ou seja, colocada na coluna “Feito” do Kanban, os alunos a adicionam no gráfico, medindo, assim, a velocidade da equipe e estimando se nesse ritmo todo o trabalho será concluído a tempo.

5 – Revisão do *sprint*

Esse evento é uma reunião de *feedback*. Na revisão do *sprint*, as equipes apresentam o que elas fizeram e o que aprenderam no *sprint* e receberão o *feedback* imediato do professor. A forma como acontecerá essa revisão é determinada pelo professor ou é definida pela equipe, podendo ser uma apresentação oral, a construção de um protótipo, uma redação, a construção de um site, um teste escrito, um TBL, entre outras. Essas são entregas intermediárias e auxiliam o professor na avaliação do processo formativo dos alunos. No final do projeto, as equipes deverão entregar o seu resultado final, seja um *banner*, um artigo, um site, um experimento ou um teste final.

6 – Retrospectiva do *sprint*

Ao término da revisão do *sprint*, as equipes farão a retrospectiva do *sprint*, que é uma oportunidade para os estudantes desenvolverem uma inspeção sobre si mesmos e sobre o trabalho da equipe. O objetivo da retrospectiva do *sprint* é:

Continua

Conclusão

Inspecionar como ocorreu o último *sprint*, no que diz respeito a pessoas, relações, processos e ferramentas;
Identificar as coisas que correram bem e potenciais melhorias que podem ajudar no desenvolvimento do trabalho;
Criar um plano para implementar melhorias no modo como a equipe realiza o seu trabalho.

A retrospectiva do *sprint* consiste em três partes:

Os alunos avaliam a forma como a equipe trabalhou, identificando pontos de melhoria;

Cada aluno avalia os demais membros de sua equipe e realiza uma autoavaliação, levando em consideração a utilização das qualidades identificadas na formação da equipe e propondo melhorias;

A equipe discute o que eles deveriam parar de fazer.

Os membros das equipes podem responder às seguintes perguntas para dar e receber *feedback*:

O que funcionou bem?

Como posso melhorar? Como eu posso ajudar na melhora dos outros?

Como podemos nos tornar uma equipe melhor? O que devemos parar de fazer?

Quais ações vamos implementar no próximo *sprint* para trabalharmos melhor?

Fonte: Delhij, Van Solingen e Wijnands (2016) e Wijnands e Stolze (2019)

Os eventos eduScrum podem ser analisados como uma unidade didática, ou seja, “uma série ordenada e articulada de atividades” (ZABALA, 1998, p. 53). Para Zabala (1998), a unidade didática é o que difere as metodologias de ensino. Ainda segundo esse autor, o primeiro passo para analisar uma unidade didática é responder à seguinte pergunta: “quais os objetivos de aprendizagem?”. Para responder a essa pergunta, será levado em consideração os três conteúdos apresentados por Coll *et al.* (2000): os conceituais, os procedimentais e os atitudinais. No Quadro 4, é apontada a conexão entre os eventos eduScrum e o desenvolvimento dos conteúdos conceituais (C), procedimentais (P) e atitudinais (A). A

primeira coluna representa o conteúdo mais desenvolvido no evento; a segunda coluna, o segundo conteúdo mais desenvolvido; e a terceira coluna, o conteúdo menos desenvolvido durante o evento.

Quadro 4 – Conteúdos desenvolvidos durante os eventos eduScrum

Eventos	Conteúdos		
1 – Formação das equipes	A	P	-
2 – Definições de pronto (DoD) e Definições de diversão (DoF)	A	P	C
3 – Planejamento do <i>sprint</i>	A	P	C
4 – Desenvolvimento do trabalho	C	P	A
5 – Revisão do <i>sprint</i>	P	C	-
6 – Retrospectiva do <i>sprint</i>	A	P	-

Fonte: elaboração própria

Observa-se no Quadro 4 que, em praticamente todos os eventos, as atitudes são desenvolvidas. Segundo Verticchio (2020), isso ocorre porque os alunos trabalham em equipes autogerenciáveis, desenvolvendo várias competências transversais – aprender a aprender, autonomia, responsabilidade, gestão de conflito, negociação, trabalho em equipe, entre outras. Os conteúdos procedimentais são desenvolvidos por meio das diversas entregas, apresentações e *feedbacks* que acontecem durante a fase “desenvolvimento do *sprint*” e a fase “revisão do *sprint*”. Já os conteúdos conceituais são trabalhados durante o desenvolvimento do *sprint*, por meio de pesquisas, resumos, construção de protótipos e apresentações e demais atividades solicitadas pelo professor.

3.3 Os pilares do eduScrum

Todos os eventos e as relações professor/aluno e aluno/aluno no eduScrum devem estar pautados em três pilares fundamentais: transparência, inspeção e adaptação, conforme detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 – Pilares de implementação do eduScrum

Pilares do eduScrum	Descrição
Transparência	Está relacionada com a clareza de informações, ou seja, tanto quem executa o trabalho (aluno) quanto quem o recebe e avalia (professor) devem compartilhar a definição de “concluído”, de modo que esteja claro para o aluno o nível de qualidade e de conhecimento a ser adquirido
Inspeção	Os usuários devem, frequentemente, inspecionar artefatos produzidos em grupo e o progresso em direção das metas de aprendizagem, para detectar desvios indesejáveis. As inspeções são mais benéficas quando diligentemente realizadas por professores e alunos na própria sala de aula durante as práticas de trabalho
Adaptação	Aborda que os ajustes no processo devem ser realizados o mais rápido possível

Fonte: Delhij, Van Solingen e Wijnands (2016)

A possibilidade de realizar inspeções e adaptações frequentes são importantes características do eduScrum, pois permite que o professor tome ações rápidas e pontuais de modo a garantir que os alunos desenvolvam os conteúdos propostos.

4 UTILIZAÇÃO DO EDUSCRUM NO IFMG – CAMPUS BETIM

A pesquisa foi realizada no IFMG – *Campus* Betim, no primeiro semestre de 2019, com a participação do professor, dos 13 discentes da disciplina de Fenômenos de Transporte (Fen. Transp.) do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação e dos 22 discentes da disciplina de Processos de Fabricação II (P.F. II) do curso de graduação em Engenharia Mecânica.

Optou-se pela realização da pesquisa nessas duas disciplinas por dois motivos: o primeiro foi pela capacitação em eduScrum realizada pelo docente dessas disciplinas; e o segundo motivo é a grande diferença que existe nos perfis dessas disciplinas. Fenômenos de Transporte é uma disciplina mais procedimental, na qual os alunos devem utilizar os conceitos da Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica e Transferência de Calor para resolver problemas de Engenharia. Já a disciplina de P.F. II possui um perfil mais conceitual e consiste na aplicação dos conceitos de usinagem na análise desse processo de fabricação. Desse modo, na disciplina de Fenômenos de Transporte, optou-se por utilizar a metodologia de ensino “Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP” junto com o *framework* eduScrum, e na disciplina P.F. II, foram aplicadas várias metodologias diferentes junto com o eduScrum.

A metodologia de pesquisa utilizada foi a pesquisa-ação, que, segundo Thiollent (2011), é um tipo de pesquisa social associada a uma ação coletiva, na qual

os pesquisadores e os participantes representativos da realidade a ser investigada estão envolvidos de modo cooperativo e participativo.

Inicialmente, com o objetivo de realizar um levantamento do perfil da turma, uma coleta dos dados gerais dos alunos foi realizada por meio de um formulário *on-line* disponibilizado no Google Forms². Depois, foi explicado, durante o primeiro encontro (cada encontro possui duas aulas de 50 minutos), o motivo de se utilizar a metodologia eduScrum e estudar os assuntos propostos na disciplina. Essa explicação foi realizada por meio de uma apresentação dialogada e da entrega da âncora e da questão motriz das disciplinas de P.F. II e Fenômenos de Transporte, conforme apresentado nos Quadros 6 e 7, respectivamente. Bender (2014) define âncora como uma fundamentação inicial, que relaciona a disciplina com a vida real, e questão motriz como a tarefa geral ou meta declarada do projeto.

Quadro 6 – Âncora e questão motriz da disciplina de P.F. II

Âncora da disciplina de Processos de Fabricação II

A usinagem é importante comercial e tecnologicamente por diversas razões:

- Grande variedade de materiais que podem ser processados através da usinagem
- Grande variedade de formas e características geométricas das peças produzidas por usinagem
- Alta precisão dimensional e bons acabamentos superficiais

Continua

2 Google Forms: <https://www.google.com/forms/about/>

Conclusão

É fundamental que um engenheiro mecânico conheça os processos de fabricação por usinagem e seja capaz de selecionar processos e ferramentas necessárias para a fabricação de produtos. Para ser capaz de tomar decisões, é preciso que o engenheiro tenha conhecimento dos processos físicos e químicos envolvidos na usinagem e dos fatores que influenciam no rendimento do processo.

Visão geral da usinagem: <https://youtu.be/v-SJ6PgfgNc>

Questão motriz da disciplina de processos de fabricação II:

Como selecionar os processos de usinagem, seus parâmetros e as ferramentas necessárias para realizar a usinagem de uma peça?

Fonte: elaboração própria

Quadro 7 – Âncora e questão motriz da disciplina de Fenômenos de Transporte

Âncora da disciplina de Fenômenos de Transporte:

Fenômenos de Transporte estuda como massa, quantidade de movimento e energia são transportadas. Os fenômenos de transporte são importantes comercial e tecnologicamente em diversas áreas:

Aquecedor	Chuveiro	Aquecimento/ar-condicionado
Refrigerador	Umidificador	Sistema de irrigação

É fundamental que um engenheiro de controle e automação conheça os fenômenos de transporte e seja capaz de utilizar esses princípios físicos para projetar sistemas de controle dos processos produtivos.

Questão motriz da disciplina de Fenômenos de Transporte:

Como aplicar os conceitos de Fenômenos de Transporte (Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica e Transferência de calor) no projeto e controle de um sistema industrial de bombeio e aquecimento de água?

Fonte: elaboração própria

No segundo encontro, a dinâmica para a formação dos grupos foi realizada, sendo que cada grupo possuía quatro ou cinco alunos com competências diferentes. Nesse mesmo encontro, as turmas também receberam o *backlog* das duas disciplinas mencionadas, expostos

nos Quadro 8 e 9, realizando o planejamento do primeiro *sprint*, de acordo com o retratado na Figura 2.

Quadro 8 – Primeiro *sprint* do *backlog* das disciplinas de P.F. II

Primeiro *sprint* da disciplina de Processos de Fabricação II

Objetivos: Ser capaz de identificar, descrever e representar, através de desenho esquemático, os principais processos de usinagem convencionais e não convencionais.

Atividades:

Mapa mental e apresentação do mapa mental.

Material de referência:

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos materiais**. São Paulo: Blücher, 1977. (Introd)

Apostila CEFET - https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/c/cd/Aru_j_apostila_usinagem.pdf

REBEYKA, C. J. **Princípios dos Processos de Fabricação por Usinagem**. Curitiba: Intersaberes, 2016. (disponível na biblioteca virtual da Pearson)

Slides da disciplina: <https://bit.ly/3ceXzn4>

Fonte: elaboração própria

Quadro 9 – Primeiro *sprint* do *backlog* da disciplina de Fenômenos de Transporte

Primeiro *sprint* da disciplina de Fenômenos de Transporte

Objetivos: Ser capaz de definir os fluidos através do seu comportamento quando submetido a uma tensão de cisalhamento. Entender a hipótese do contínuo. Identificar e calcular algumas propriedades e grandezas fundamentais dos fluidos. Ser capaz de definir viscosidade através da Lei de Newton para os fluidos. Classificar os fluidos não newtonianos. Ser capaz de selecionar um óleo lubrificante em uma situação prática.

Atividades:

Apresentação de slides e resolução de problemas.

Continua

Conclusão

Material de referência:

HIBBELER, R. C. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: Pearson, 2016 (acesso na biblioteca virtual da Pearson) – Cap. 01

FOX, R.; MCDONALD, A.; PRITCHARD, P. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. Cap. 01 e 02

Slides da disciplina: <https://bit.ly/3cWbm2o>

Sugestão de vídeos:

Lei de Newton e viscosidade: <https://www.youtube.com/watch?v=PI-Wf9UxH8A>

Definição de fluido e viscosidade: <https://www.youtube.com/watch?v=GzO6guOnGAc>

Fluido como contínuo: <https://www.youtube.com/watch?v=Hd40ac7iRWw>

Fonte: elaboração própria

Figura 2 – Fotos do planejamento do primeiro *sprint* nas disciplinas de Fenômenos de Transporte e P.F. II



Fonte: elaboração própria

Durante o desenvolvimento do *sprint*, os grupos trabalharam de forma autônoma, ou seja, cada grupo definiu, na etapa de planejamento, as tarefas que seriam realizadas. Todas essas tarefas foram colocadas no quadro Kanban do grupo e em um aplicativo de gestão de projeto – nessas turmas foi utilizado o Trello^{®3}. À

3 Trello: <https://trello.com/pt-BR>

medida que as tarefas foram sendo realizadas, os alunos, no início de cada encontro, atualizavam o Kanban, ou seja, passavam a nota adesiva da tarefa da coluna a fazer, para a coluna fazendo e, por fim, para a coluna feito, conforme ilustra a Figura 3, enquanto que o Trello® era atualizado em tempo real. O uso dessas duas ferramentas de gestão durante o *sprint* teve como objetivo a melhoria da gestão interna dos grupos e o aumento da transparência, uma vez que o professor tinha acesso a ambas. O professor realizou aulas expositivas focadas nos tópicos mais complexos, orientações direcionadas e o esclarecimento das dúvidas dos alunos.

Figura 3 – Exemplo de quadro Kanban



Fonte: RAHAL JUNIOR (2010)

Durante três ou quatro encontros, dependendo do *sprint*, os alunos desenvolveram as atividades e as tarefas planejadas e, na data marcada para a sua revisão, conforme exemplificado na Tabela 1, apresentaram os trabalhos desenvolvidos naquele *sprint*. A retrospectiva

do *sprint* foi realizada na mesma aula em que aconteceu a etapa de planejamento do próximo *sprint*.

Tabela 1 – Exemplo de cronograma eduScrum da disciplina P.F. II. no semestre 2019.2

<i>Sprint</i>	Atividade 1	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4	Atividade 5	Atividade 6	Valor
1	10/08 (sab)	09/08	12/08	14/08	19/08	21/08	10,0
2	26/08	26/08	28/08	02/09	04/09	09/09	10,0
3		11/09	16/09	18/09		23/09	10,0
4	25/09	25/09	30/09	02/10	07/10	09/10	10,0
5		21/10	28/10	30/10		04/11	10,0
6		06/11	09/11	11/11		13/11	10,0
7	25/11	25/11	27/11	02/12		04/12	10,0
Curso Sandvik						02/10	10,0
Planejamento de fabricação da peça						11/12	20,0

Obs: atividade 1 - Planejamento do *sprint*; atividades 2, 3, 4 e 5 - aula para o desenvolvimento do trabalho; atividade 6 - revisão do projeto.

Fonte: elaboração própria

Foi solicitado aos alunos que criassem artefatos, trabalhos, atividades e entregas diferentes em cada *sprint*, conforme ilustrado no Quadro 10, possibilitando que diversas competências e conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais fossem desenvolvidas durante o semestre.

Quadro 10 – Artefatos e entregas desenvolvidas nas disciplinas P.F. II e Fenômenos de Transporte

<i>Sprint</i>	Processo de Fabricação II	Fenômenos de Transporte
1º	Mapa mental e apresentação do mapa mental	Resolução de problemas e apresentação oral
2º	Roteiro de estudo, construção de protótipo e avaliação individual	Resolução de problemas, construção de protótipo e avaliação escrita em equipe
3º	Criação e apresentação de vídeo	Mapa mental e apresentação do mapa mental
4º	Desenvolvimento de uma planilha, resolução de problemas e avaliação escrita em grupo	Resolução de problemas e apresentação livre
5º	Relatório técnico, apresentação oral e avaliação individual	Resolução de problemas e avaliação escrita individual
6º	TBL (<i>Team-Based Learning</i>)	Resolução de problemas, aula prática e avaliação escrita individual
7º	Avaliação escrita individual	Resolução de problemas, apresentação oral e avaliação escrita individual

Fonte: elaboração própria

As apresentações livres, indicadas no Quadro 10, são atividades em que cada grupo decide o que entregará na etapa de revisão do *sprint*, ou seja, o grupo pode fazer um vídeo, um *podcast*, um mapa conceitual, uma apresentação oral ou qualquer outro tipo de formato. Esse tipo de atividade possibilita que os discentes a realizem de forma mais criativa. A variedade de atividades desenvolvidas durante o semestre teve como objetivo beneficiar o desenvolvimento da criatividade e das competências conceituais, procedimentais e atitudinais dos discentes (NICOLA; PANIZ, 2017).

Por exemplo, nas apresentações orais, os alunos tinham que discorrer sobre o tema proposto como se fosse uma palestra ou seminário, com o objetivo de desenvolver suas competências relacionadas à comunicação. Já o *Team-Based Learning* (TBL) possibilita o desenvolvimento do trabalho em equipe, a autonomia e a capacidade de decisão (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

No início do semestre, os dados dos perfis dos alunos foram coletadas por meio de um questionário *on-line* disponibilizado no Google Form. No final do semestre, um segundo questionário foi utilizado para o levantamento da percepção dos alunos em relação à contribuição do eduScrum no seu desenvolvimento e aprendizagem, obtendo também sugestões para a melhoria do processo. No Quadro 11 são apresentadas as perguntas realizadas no segundo questionário.

Quadro 11 – Perguntas realizadas no segundo questionário

Nº	Pergunta
1	Você gostaria que fosse utilizado o eduScrum em outras disciplinas? Justifique sua resposta
2	Na sua opinião, quais são as dificuldades encontradas na utilização do eduScrum?
3	O que você faria para melhorar o processo de execução do eduScrum?
Texto introdutório das itens 4 a 28: Os próximos quesitos estão relacionados ao desenvolvimento das suas competências no decorrer do trabalho e à contribuição da metodologia eduScrum para esse desenvolvimento. Para cada competência listada a seguir, indique o SEU nível de melhoria durante o trabalho com o eduScrum. Utilize a seguinte escala: 5 para <i>foi muito desenvolvida</i> ; 4 para <i>foi desenvolvida</i> ; 3 para <i>foi pouco desenvolvida</i> ; 2 para <i>foi muito pouco desenvolvida</i> e 1 para <i>não foi desenvolvida</i> .	
4	Trabalhar em equipe – capacidade de ajustar as suas ações de acordo com as ações dos outros, contribuindo para a realização do trabalho e o desenvolvimento da equipe

Continua

Nº	Pergunta
5	Inteligência emocional – capacidade de estar ciente das reações dos outros e entender por que eles estão reagindo dessa maneira, alterando a sua forma de agir de modo a resolver o problema
6	Negociação – capacidade de unir as pessoas e tentar reconciliar as diferenças
7	Persuasão – capacidade de persuadir os outros a mudar de ideia ou comportamento
8	Orientação ao serviço – capacidade de buscar ativamente maneiras de ajudar as pessoas ou membros do grupo
9	Treinar e ensinar outros – capacidade de ensinar os outros a fazer algo
10	Flexibilidade cognitiva – capacidade de gerar ou usar diferentes conjuntos de regras para combinar ou agrupar as coisas ou ideias de maneiras diferentes
11	Criatividade – capacidade de criar ideias incomuns ou inteligentes sobre um determinado tópico ou situação ou de desenvolver maneiras criativas de resolver um problema
12	Raciocínio lógico – capacidade de combinar informações para formar regras gerais ou conclusões (inclui encontrar um relacionamento entre eventos aparentemente não relacionados) e/ou aplicar regras gerais a problemas específicos para produzir respostas que façam sentido
13	Sensibilidade para detectar problema – capacidade de dizer quando algo está errado ou é provável que dê errado. Não envolve resolver o problema, apenas reconhecer sua existência
14	Raciocínio matemático – capacidade de escolher os métodos matemáticos corretos ou equações para resolver um problema
15	Visão espacial – capacidade de imaginar como algo vai ficar quando movimentado ou quando suas partes são movidas ou rearranjadas
16	Capacidade de ouvir ativamente – capacidade de dar atenção total ao que as outras pessoas estão dizendo, tendo tempo para entender os pontos que estão sendo feitos, fazendo perguntas conforme apropriado e não interrompendo em momentos inadequados
17	Pensamento crítico – capacidade de usar a lógica e o raciocínio para identificar os pontos fortes e fracos de soluções alternativas, de conclusões ou das abordagens dos problemas
18	Autoavaliação e avaliação do grupo – capacidade de monitorar ou avaliar o seu próprio desempenho e o de outros indivíduos ou organizações, para melhorar ou tomar ações corretivas
19	Aprendizado ativo – capacidade de compreender as implicações de novas informações para a resolução de problemas atuais e futuros e para a tomada de decisões
20	Expressão oral – capacidade de conversar com outras pessoas para transmitir informações de maneira eficaz
21	Compreensão de leitura – capacidade de entender sentenças escritas e parágrafos em documentos relacionados ao trabalho

Continua

Conclusão

Nº	Pergunta
22	Expressão escrita – capacidade de se comunicar eficazmente por escrito, de acordo com as necessidades do público
23	Alfabetização em TIC – capacidade de fazer uso de tecnologia digital, ferramentas de comunicação e redes para acessar, gerenciar, integrar, avaliar e criar informações
24	Solução complexa de problemas – capacidade de resolver problemas novos e mal definidos em configurações complexas do mundo real
25	Gestão de recursos financeiros – capacidade de determinar como o dinheiro será gasto para realizar o trabalho e contabilizar essas despesas
26	Gestão de recursos materiais – capacidade de garantir o uso apropriado de equipamentos, instalações e materiais necessários para realizar determinado trabalho
27	Gestão de pessoas – capacidade de motivar, desenvolver e direcionar os indivíduos, enquanto eles trabalham, identificando as melhores pessoas para cada função
28	Gestão do tempo – capacidade de gerenciar seu próprio tempo e o tempo dos outros
29	Com relação às entregas ou metodologias utilizadas durante o semestre, selecione a alternativa que melhor caracteriza a contribuição dessa entrega ou metodologia no seu aprendizado (não contribuiu, contribuiu muito pouco, contribuiu pouco, contribuiu ou contribuiu muito)
30	Como você classificaria seu nível de conhecimento em usinagem/ fenômenos de transporte antes da disciplina? (selecione 0 para nenhum conhecimento e 10 para proficiência)
31	Como você classificaria seu nível de conhecimento em usinagem/ fenômenos de transporte após a disciplina? (selecione 0 para nenhum conhecimento e 10 para proficiência)
32	Descreva o que você aprendeu durante a disciplina

Fonte: elaboração própria

As competências apresentadas nos itens 4 a 28 foram selecionadas a partir do relatório *Future of Job*, desenvolvido pela *World Economic Forum* (2016). Nesse relatório, a WEF apresenta o resultado da pesquisa que foi realizada com grandes empresas do mundo todo e aponta as competências e habilidades demandadas por essas empresas em 2020. As descrições das competências

também foram extraídas do mesmo relatório (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016, p. 52-53).

5 RESULTADOS DA UTILIZAÇÃO DO EDUSCRUM

Nesta seção, são realizadas as análises dos dados advindos do questionário respondido pelos discentes (ver Quadro 11). Aproximadamente 54% dos alunos de Fenômenos de Transporte e 81% dos alunos de Processos de Fabricação II (P.F. II) responderam ao questionário. Todos os estudantes assinaram um termo de autorização para a utilização dos dados coletados. Na subseção 5.1, está a análise do perfil dos alunos; na subseção 5.2, o resultado da avaliação do desenvolvimento dos conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais.

5.1 Perfil dos alunos

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece, pois esse conhecimento serve de ponte para um novo conhecimento. Para verificar a influência dos conhecimentos anteriores dos alunos, seja por meio de um curso técnico ou da experiência profissional, o levantamento do perfil destes foi realizado utilizando as seguintes perguntas: “qual a sua idade?”, “você está trabalhando?” e “você fez curso técnico?”

Observa-se, a partir dos dados da Tabela 2, que os alunos de Fenômenos de Transporte são mais novos,

tendo em vista que 60% deles têm menos de 25 anos; além disso, 80% possuem curso técnico e 86,7% estavam trabalhando. Na turma de P.F. II, por sua vez, há alunos mais velhos, sendo que 26% deles têm mais de 35 anos; ademais, 52,4% possuem curso técnico e todos estavam trabalhando.

Como apenas um aluno da disciplina Fenômenos de Transporte não possui curso técnico, não foi possível realizar uma análise estatística comparando o resultado obtido pelos alunos com e sem esse curso. Na disciplina de P.F. II, foi possível tal análise, verificando-se que a nota média dos alunos com curso técnico foi superior à nota dos alunos sem curso técnico (*t-test*, $t = 2,19$, 17 d.f., $p < 0,05$). Em relação à idade, não houve correlação entre as notas e as idades dos alunos em nenhuma das duas disciplinas, com o índice R^2 igual a 0,0035, em Fenômenos de Transporte, e R^2 igual a 0,0104, em P.F. II.

Tabela 2 – Perfil dos alunos das turmas de Fenômenos de Transporte e P.F. II

Idade	Fenômenos de Transporte	P.F. II			
			Fenômenos de Transporte	P.F. II	
0 a 15 anos	0,0%	0,0%	Está trabalhando?		
15 a 20 anos	33,3%	0,0%	Sim	86,7%	100%
20 a 25 anos	26,7%	52,2%	Não	13,3%	0,0%
25 a 30 anos	6,7%	21,7%	Possui curso técnico?		
30 a 35 anos	26,7%	0,0%	Sim	80,0%	52,4%
Mais que 35 anos	6,7%	26,1%	Não	20,0%	47,6%

Fonte: dados da pesquisa

O curso superior no IFMG é noturno e, conforme apresentado na Tabela 2, no período que as disciplinas foram ministradas, 86,7% dos alunos de Fenômenos de Transporte e 100% dos alunos de P.F. II estavam trabalhando. Como consequência disso, os discentes têm um tempo limitado durante a semana para realizar seus estudos, além das aulas presenciais. Para verificar se o tempo foi uma das dificuldades encontradas pelos alunos, utilizou-se a pergunta 2 do Quadro 11. A partir das respostas a essa pergunta, aplicou-se, conforme representado na Figura 4, a metodologia de nuvens de palavras, que, segundo Vilela, Ribeiro e Batista (2020), são representações gráfico-visuais que apontam o grau de frequência das palavras em um texto. Quanto mais a palavra é utilizada, mais chamativa é a representação desta no gráfico.

Figura 4 – Nuvem de palavras construída a partir das respostas dos alunos com relação às dificuldades encontradas na utilização do eduScrum nas disciplinas de P.F II (à esquerda) e Fenômenos de Transporte (à direita)



Fonte: dados da pesquisa

Observa-se que as palavras mais citadas pelos alunos foram *tempo, falta, prazo, estudo, tarefa e trabalho*, indicando que o maior problema, na visão destes, foi a falta de tempo, corroborando os resultados obtidos por Costa e Cotta (2014), que relacionaram a dificuldade do uso das metodologias ativas com o tempo que estas requerem dos alunos fora de sala de aula.

5.2 Desenvolvimento dos conteúdos atitudinais

O desenvolvimento dos conteúdos atitudinais foi avaliado por meio da percepção dos alunos com relação à contribuição do eduScrum para esse desenvolvimento. As Tabelas 3 e 4 indicam o percentual de alunos que responderam “muito desenvolvida ou desenvolvida” às perguntas de número 4 a 28 no Quadro 11.

A Tabela 3 indica que mais de 70% dos alunos consideraram 19 das 25 competências e habilidades avaliadas “muito desenvolvidas ou desenvolvidas”, sendo que “expressão oral” e “trabalhar em equipe” foram, para os alunos de P.F II, as competências mais desenvolvidas durante o semestre. Por outro lado, as competências menos desenvolvidas, segundo esses alunos, foram “raciocínio matemático” e a “gestão de recursos financeiros”.

Tabela 3 – Percentual de alunos da disciplina de P.F.II que responderam que a competência foi desenvolvida ou muito desenvolvida

Competências e habilidades	Percentual (%)	Competências e habilidades	Percentual (%)
Expressão oral	94,4	Raciocínio lógico	77,8
Trabalhar em equipe	94,4	Treinar e ensinar outros	72,2
Capacidade de ouvir ativamente	88,9	Expressão escrita	72,2
Aprendizado ativo	88,9	Criatividade	72,2
Persuasão	88,9	Gestão de pessoas	72,2
Sensibilidade para detectar problema	88,9	Visão espacial	72,2
Autoavaliação e avaliação do grupo	88,9	Negociação	66,7
Alfabetização em TIC	88,9	Gestão de recursos materiais	66,7
Orientação ao serviço	83,3	Flexibilidade cognitiva	55,6
Solução complexa de problemas	83,3	Gestão do tempo	55,6
Inteligência emocional	83,3	Raciocínio matemático	44,4
Compreensão de leitura	77,8	Gestão de recursos financeiros	27,8
Pensamento crítico	77,8		

Fonte: dados da pesquisa

Na Tabela 4, é indicado que, para os estudantes de Fenômenos de Transporte, as competências mais desenvolvidas foram “compreensão de leitura”, “raciocínio matemático”, “sensibilidade para detectar problemas”, “autoavaliação e avaliação do grupo” e “alfabetização em TIC”. Assim como os alunos de P.F. II, os de Fenômenos de Transporte consideraram que a “gestão de recursos financeiros” foi a competência menos desenvolvida no semestre.

Tabela 4 – Percentual de alunos da disciplina de Fenômenos de Transporte que responderam que a competência foi desenvolvida ou muito desenvolvida

Competências e habilidades	Percentual (%)	Competências e habilidades	Percentual (%)
Compreensão de leitura	85,7	Gestão de pessoas	71,4
Raciocínio matemático	85,7	Flexibilidade cognitiva	71,4
Sensibilidade para detectar problema	85,7	Gestão do tempo	71,4
Autoavaliação e avaliação do grupo	85,7	Persuasão	57,1
Alfabetização em TIC	85,7	Inteligência emocional	57,1
Expressão oral	71,4	Pensamento crítico	57,1
Capacidade de ouvir ativamente	71,4	Visão espacial	57,1
Aprendizado ativo	71,4	Negociação	57,1
Orientação ao serviço	71,4	Trabalhar em equipe	42,9
Solução complexa de problemas	71,4	Criatividade	42,9
Raciocínio lógico	71,4	Gestão de recursos materiais	28,6
Treinar e ensinar outros	71,4	Gestão de recursos financeiros	14,3
Expressão escrita	71,4		

Fonte: dados da pesquisa

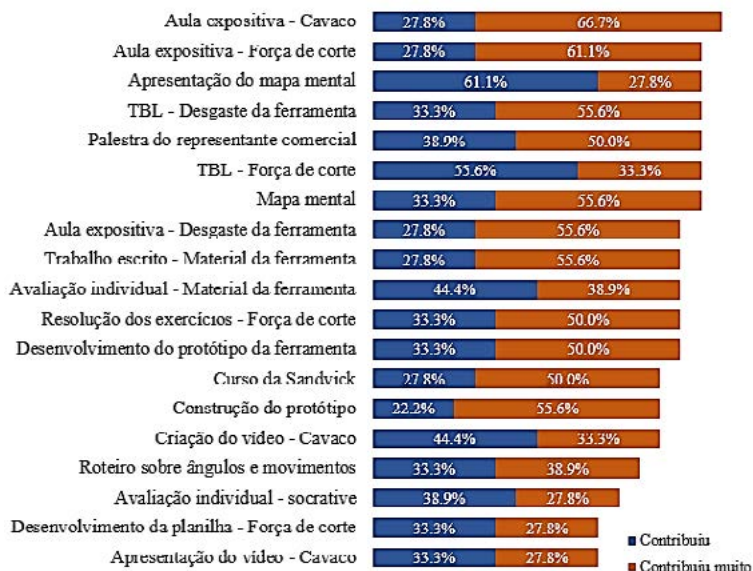
5.3 Desenvolvimento dos conteúdos procedimentais

Ao responder à pergunta 29 do questionário *on-line* (Quadro 11), os alunos avaliaram a contribuição de cada uma das metodologias utilizadas durante as disciplinas.

Como pode ser visualizado no Gráfico 1, os alunos de P.F. II consideraram que as aulas expositivas foram as atividades que mais contribuíram para a aprendizagem. Essa percepção é justificada pela história acadêmica

desses estudantes, tendo em mente que, somando o ensino fundamental, o ensino médio e os primeiros semestres do curso de Graduação, eles tiveram, pelo menos, 13 anos de educação formal em que a metodologia de ensino utilizada por quase todos os professores foi a aula expositiva, ou seja, os alunos estão acostumados a essa metodologia e se sentem confortáveis com ela.

Gráfico 1 – Percentual de alunos de P.F. II. que responderam que a metodologia contribuiu ou contribuiu muito para a sua aprendizagem



Fonte: dados da pesquisa

O Gráfico 2 ilustra os resultados do questionário aplicado aos alunos da disciplina Fenômenos de Transporte. As atividades que os alunos consideraram

que mais contribuíram para seu aprendizado foram a “apresentação do mapa mental”, a “apresentação - Transferência de Calor” e o “mapa mental”, todas com 100% deles respondendo “contribuiu” ou “contribuiu muito”. Observa-se que na “apresentação - Transferência de Calor”, 71,4% dos alunos responderam “contribuiu muito”, e na “apresentação do mapa mental”, apenas 42,9% deram essa resposta. A diferença de percepção dos alunos sobre a contribuição dessas duas apresentações pode ser justificada pela utilização de uma rubrica na “apresentação - Transferência de Calor”, o que a tornou mais efetiva. Stevens e Levi (2013) definem uma rubrica como sendo uma ferramenta de pontuação que estabelece as expectativas para uma tarefa.

Gráfico 2 – Percentual de alunos de Fenômenos de Transporte que responderam que a metodologia contribuiu ou contribuiu muito para a sua aprendizagem.



Fonte: dados da pesquisa

As rubricas dividem uma tarefa em partes e fornecem uma descrição detalhada do que constitui níveis aceitáveis ou inaceitáveis de desempenho para cada uma dessas partes. O Quadro 12 ilustra parte da rubrica utilizada na atividade “apresentação - Transferência de Calor”, na disciplina de Fenômenos de Transporte.

Quadro 12 – Parte da rubrica utilizada na apresentação de Transferência de Calor na disciplina de Fenômenos de Transporte

Proficiência	Exemplar (100%)	Competente (60%)	Insuficiente (30%)
CONTEÚDOS DE CADA TEMA			
Condução	<p>Apresentou e explicou os mecanismos físicos de troca de calor que ocorrem nos materiais gasosos, líquidos e sólidos</p> <p>Explicou os mecanismos que diferenciam os materiais condutores e os isolantes</p> <p>Utilizou exemplos reais da utilização de materiais condutores e isolantes</p> <p>Apresentou e explicou a Lei de Fourier, explicando o significado do sinal negativo</p> <p>Apresentou e explicou a equação do fluxo térmico para um estado estacionário</p> <p>Resolveu e explicou o exemplo 1.1 do livro do Incropera</p>	<p>Apresentou os mecanismos físicos de troca de calor que ocorrem nos materiais gasosos, líquidos e sólidos</p> <p>Citou os mecanismos que diferenciam os materiais condutores e os isolantes</p> <p>Utilizou exemplos da utilização de materiais condutores e isolantes</p> <p>Apresentou a Lei de Fourier, explicando o significado do sinal negativo</p> <p>Apresentou a equação do fluxo térmico para um estado estacionário</p> <p>Resolveu o exemplo 1.1 do livro do Incropera</p>	<p>Citou os mecanismos físicos de troca de calor que ocorrem nos materiais sem diferenciar os gasosos, líquidos e sólidos</p> <p>Não citou os mecanismos que diferenciam os materiais condutores e os isolantes</p> <p>Não utilizou exemplos de materiais condutores e isolantes</p> <p>Apresentou a Lei de Fourier, sem explicar o significado do sinal negativo</p> <p>Não apresentou a equação do fluxo térmico para um estado estacionário</p> <p>Não resolveu o exemplo 1.1 do livro do Incropera</p>

Fonte: dados da pesquisa

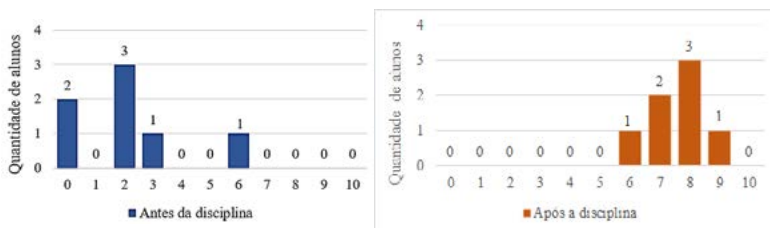
A rubrica foi utilizada durante a apresentação do trabalho para avaliar o conteúdo abordado pelo grupo. Como esta tem seis itens, cada um representou 16,6% da avaliação total. No final da apresentação, os alunos receberam um *feedback* imediato do professor e a sua respectiva nota.

5.4 Desenvolvimento dos conteúdos conceituais

Para avaliar o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, dois parâmetros foram utilizados. O primeiro foi a autoavaliação dos alunos com relação ao seu nível de conhecimento antes e depois de cursar a disciplina, e o segundo parâmetro foi a nota dos alunos nas avaliações individuais.

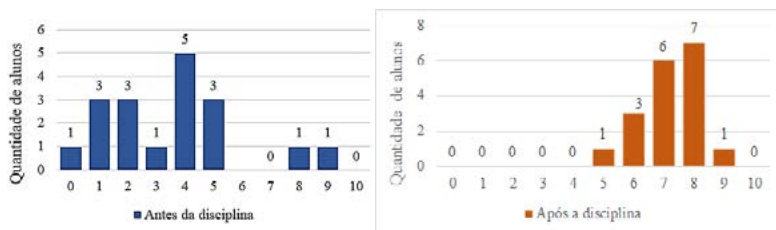
Para realizar a autoavaliação dos alunos, foram realizadas as perguntas 30 e 31, apresentadas no Quadro 11. As respostas dos alunos a essas perguntas estão indicadas nos Gráficos 3 e 4. As barras azuis representam a percepção do aluno quanto ao seu conhecimento antes de cursar a disciplina, e a barra laranja, a percepção após ter cursado a disciplina.

Gráfico 3 – Autoavaliação dos alunos de Fenômenos de Transporte com relação nível de conhecimento do conteúdo antes e depois da disciplina



Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 4 – Autoavaliação dos alunos de P.F. II com relação nível de conhecimento do conteúdo antes e depois da disciplina



Fonte: dados da pesquisa

Ao analisar os Gráficos 3 e 4, percebe-se que, em ambas as disciplinas, a avaliação dos alunos sobre o seu próprio nível de conhecimento antes da disciplina se acumula no lado esquerdo do gráfico. Assim, 85,7% dos alunos de Fenômenos de Transporte consideraram que seu nível de conhecimento estava entre 0 e 4. Já na disciplina Processos de Fabricação II, o percentual de alunos que consideraram seu nível de conhecimento entre 0 e 4 foi de 72%. Observa-se, além disso, em

Processos de Fabricação II, que dois alunos se consideravam proficientes antes da disciplina.

Com relação às notas obtidas pelos alunos de P.F. II e de Fenômenos de Transporte, a comparação entre as notas relativas às provas escritas e às médias finais das disciplinas de 2018.2 e de 2019.2 está exposta na Tabela 5. Tais semestres foram utilizados para efeitos comparativos porque em 2018.2 todas as aulas foram expositivas, e as avaliações foram apenas com provas individuais, enquanto que, no semestre 2019.2, foi utilizado o eduScrum e vários artefatos e instrumentos de avaliação diferentes.

Tabela 5 – Resultados das avaliações escritas individuais e das médias finais das disciplinas de Fenômenos de Transporte e de P.F. II, nos semestres 2018.2 e 2019.2

	Fenômenos de Transporte		P.F. II	
	2018.2	2019.2	2018.2	2019.2
Média das notas relativas às provas escritas	52,0 ± 24,0%	60,0 ± 8,0%	57,0 ± 22,0%	43,0 ± 15,0%
Nota final média na disciplina	52,1 ± 24,0%	76,2 ± 3,0%	57,1 ± 26%	61,7 ± 17,9%

Fonte: dados da pesquisa

As notas relativas às provas escritas foram calculadas dividindo a nota do aluno pelo valor da avaliação. Foi verificado, então, no semestre 2018.2, que a média das notas relativas às provas escritas na disciplina de Fenômenos de Transporte foi de 52,0%, com desvio padrão

de 24,0%; no semestre 2019.2, foi de 60,0%, com desvio padrão de 8,0%. Ao realizar o teste de hipótese, constatase que houve um aumento nas notas de prova dessa disciplina em 2019.2 (*t.test*, $t=1,3907$, $df=21d.f$, $p<0,1$). Na disciplina de P.F. II, a média das notas relativas às provas escritas foi de 57,0%, em 2018.2, e de 43,0%, em 2019.2. As notas nas avaliações escritas realizadas pelos alunos da disciplina de P.F. II em 2019.2 foram menores que as 2018.2 (*t.test*, $t=-2,8739$, $51d.f$, $p<0,01$).

Já a nota final média dos alunos de Fenômenos de Transporte em 2018.2 foi de 52,1 pontos e em 2019.2 foi de 76,2 pontos, um aumento médio de 24 pontos. Em P.F. II a nota final média foi de 57, 1 pontos em 2018.2 e 61,7 pontos em 2019.2. Em Fenômenos de Transporte, pode-se afirmar que houve um aumento nas notas dos alunos em 2019.2 (*t.test*, $t=4,1$, $16d.f$, $p<0,001$); em P.F.II, não se pode afirmar que as notas em 2019.2 foram maiores que em 2018.2 (*t.test*, $t=0,82$, $57d.f$, $p>0,1$).

Outro indicador importante é a quantidade de alunos que desistiram da disciplina durante o semestre. No semestre 2018.2, houve 24% de desistência em Fenômenos de Transporte e 10% em P.F. II. Já em 2019.2, não houve desistências em Fenômenos de Transporte e apenas 5% dos alunos desistiram de P.F. II. Nas duas disciplinas, apenas um dos alunos que desistiu de cursar em 2018.2, a cursou em 2019.2.

Os estudantes também descreveram os conhecimentos adquiridos por meio da pergunta 32, presente no Quadro 11. Observa-se que estes citaram,

em suas respostas, conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais, conforme indicado no Quadro 13.

Quadro 13 – Representação dos estudantes quanto ao conteúdo aprendido na disciplina

“[...] aprendi a melhorar a eficiência do trabalho em equipe, bem como usar ferramentas para medir a qualidade do trabalho realizado e os pontos de melhoria propostos” (E01– Fenômenos de Transporte)

“[...] a melhorar a comunicação, a melhorar as minhas apresentações de trabalho que sempre fugia. Também foi possível aprender a matéria, Bernoulli, Transferência de calor, viscosidade, e a realização do protótipo que foi muito proveitosa ao meu ver, pois foi possível ver na prática aplicações da matéria” (E03 – Fenômenos de Transporte)

“[...] aprendi sobre os tipos de materiais usados na usinagem e como selecionar cada um deles nos diferentes tipos de usinagem. Além disso, aprendi sobre os diversos ângulos que tem numa ferramenta de corte e a função deles. Aprendi também sobre a formação de cavaco e sobre desgaste de ferramentas, entre outras coisas” (E09 – P.F. II)

“[...] Aprendi mais do que sabia sobre os processos de usinagem, aprendi sobre materiais de ferramentas, aplicações dos materiais de ferramentas, aplicações das ferramentas, escolha do processo de usinagem de acordo com o trabalho a ser realizado, aprendi sobre a formação de cavacos, entre vários outros assuntos sobre usinagem que ficaria muito tempo escrevendo a respeito. Utilizei o livro do Ferraresi e do Alisson Machado” (E014 – P.F. II)

Fonte: elaboração própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do eduScrum e de outras metodologias ágeis na Educação ainda está em desenvolvimento no mundo todo. Essas metodologias possuem

características e princípios que favorecem a formação integral do estudante, ou seja, o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Os resultados obtidos a partir da utilização do eduScrum nas disciplinas de Fenômenos de Transporte e Processos de Fabricação II do IFMG – *Campus* Betim demonstram que o uso desse *framework*, junto com outras metodologias ativas, provocou a diminuição da quantidade de alunos que desistiram das disciplinas, além de aumentar, no caso de Fenômenos de Transportes, as notas finais médias dos alunos. Também foi constatado que o uso do eduScrum permitiu desenvolver nos estudantes várias competências transversais (conteúdos atitudinais) e habilidades (conteúdos procedimentais), principalmente a compreensão de leitura, o raciocínio matemático, a sensibilidade para detectar problema, a autoavaliação e a avaliação do grupo, a alfabetização em TIC, a expressão oral, o trabalhar em equipe, a capacidade de ouvir ativamente, o aprendizado ativo, a persuasão e a sensibilidade para detectar problema.

Ao serem inquiridos se gostariam que o eduScrum fosse utilizado em outras disciplinas – pergunta 1 do questionário presente no Quadro 11 –, aproximadamente 89% dos alunos de P.F II e 100% dos alunos de Fenômenos de Transporte responderam que sim. Isso demonstra que, apesar dos relatos de falta de tempo e de aumento do trabalho extraclasse, os estudantes aprovaram a utilização da metodologia.

A formação humana integral do aluno está explícita na Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, que

instituiu a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e criou os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2008). Dessa forma, os docentes que atuam nos Institutos Federais devem buscar, durante sua práxis educativa, o desenvolvimento nos estudantes, essa formação humana integral. A utilização de várias metodologias ativas junto com o eduScrum possibilitou que o aluno assumisse a centralidade do seu desenvolvimento acadêmico e pessoal por meio dos eventos, da autoavaliação, do trabalho em equipe, da autonomia, dos diferentes tipos de artefatos e do *feedback* rápido e constante presentes nesse *framework*. Enfim, auxiliaram os alunos no desenvolvimento das competências e habilidades necessárias aos engenheiros na sociedade do século XXI.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de Engenharia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 8., 2014, Guimarães. **Proceedings** [...].Guimarães: COPEC, 2014. p. 110-116. Disponível em: <http://copec.eu/intertech2014/proc/works/25.pdf>. Acesso em: jan. 2021.

BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos:** educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Grupo A, 2014.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008.** Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm. Acesso em: mai. 2021.

CARVALHO, A. C. B. D.; PORTO, A. J. V.; BELHOT, R. V. Aprendizagem significativa no ensino de Engenharia. **Produção**, v. 11, n. 1, p. 81-90, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132001000100006>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132001000100006. Acesso em: mai. 2021.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: MEC, 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: mai. 2021.

COLL, C. *et al.* **Os conteúdos na reforma:** ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artmed, 2000.

COSTA, G. D.; COTTA, R. M. M. O aprender fazendo: representações sociais de estudantes da saúde sobre o portfólio reflexivo como método de ensino, aprendizagem e avaliação. **Interface. Comunicação, Saúde, Educação**, v. 18, n. 51, p. 771-784, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-57622014.0150>. Disponível em: <https://bit.ly/36S7YV2>. Acesso em: fev. 2021.

DEGRACE, P.; STAHL, L. H. **Wicked problems, righteous solutions:** a catalogue of modern Software Engineering paradigms. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1990.

DELHIJ, A.; VAN SOLINGEN, R; WIJNANDS, W. **O guia eduScrum.** 2016. Disponível em: https://www.eduscrum.nl/img/O_guia_eduScrum_Brasilan_1.2.pdf. Acesso em: mai. 2021.

DIREITO, I.; PEREIRA, A.; DUARTE, A. M. O. Engineering undergraduates' perceptions of soft skills: relations with self-efficacy and learning styles. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 55, p. 843-851, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.571>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812040335>. Acesso em: fev. 2021.

DOVALA, J. M. C. Metodología de la enseñanza basada en competencias. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 35, n. 1, p. 1-10, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.35362/rie3512940>. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2940>. Acesso em: fev. 2021.

FERREIRA, E. P.; MARTINS, A. EduScrum: the empowerment of students in Engineering Education? *In: INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE*, 12., 2016, Turku. **Proceedings** [...].Turku: CDIO, 2016. Disponível em: http://www.cdio.org/files/document/cdio2016/115/115_Paper_PDF.pdf. Acesso em: mai. 2021.

GUIMARÃES, M. M.; BARRETO, M. A. M. Desenvolvimento de competências transversais em cursos de Engenharia na percepção de estudantes brasileiros e dinamarqueses. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE)*, 47.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 2., 2019, Fortaleza. **Anais** [...].Fortaleza: ABENGE, 2019.

HAIKU DECK. **eduScrum**. 2016. Disponível em: <https://www.haikudeck.com/eduscrum-ica-kickoff-1617-education-presentation-03e448d94c>. Acesso em: mai. 2021.

HALFHILL, T. R.; NIELSEN, T. M. Quantifying the “softer side” of management education: an example using teamwork competencies. **Journal of**

Management Education, v. 31, n. 1, p. 64-80, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1052562906287777>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1052562906287777>. Acesso em: fev. 2021.

LIMA, A. G.; PINTO, G. S. Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 2, p. 299-311, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31510/inf.v16i2.642>. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/642>. Acesso em: fev. 2021.

LONGO, W. P. O programa de desenvolvimento das Engenharias. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 2, p. 417-447, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v3i2.8648904>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648904>. Acesso em: fev. 2021.

LOURENÇO, A. A; PAIVA, M. O. A. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 2, p. 132-141, 2010. Disponível em: <http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/313>. Acesso em: fev. 2021.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **In For. Inovação e Formação**, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017. Disponível em: <https://ojs.ead.unesp>.

br/index.php/need/article/view/infor2120167. Acesso em: fev. 2021.

OLIVEIRA, E. S. *et al.* A utilização do socrative como uma alternativa pedagógica para a realização do Team-Based Learning (TBL) em sala de aula. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e33953149, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3149>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3149>. Acesso em: fev. 2021.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.4938>. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>. Acesso em: fev. 2021.

RAHAL JUNIOR, N. A. S. Melhorando o entendimento “como fazer?”. *In*: RAHAL JUNIOR, N. A. S. **Blog do Abu**. 13 set. 2010. Disponível em: <http://blogdoabu.blogspot.com/2010/09/melhorando-o-entendimento-como-fazer.html>. Acesso em: mai. 2021.

SALZA, P.; MUSMARRA, P.; FERRUCCI, F. Agile methodologies in Education: a review. *In*: PARSONS, D.; MACCALLUM, K. (ed.). **Agile and lean concepts for teaching and learning**. Singapore: Springer, 2019. p. 25-45.

SANTOS, B. P. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.32358/rpd.2018.v4.316>. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarrollo/article/view/e316>. Acesso em: fev. 2021.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum guide**. The definitive guide to Scrum: The rules of the game. 2017. Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf>. Acesso em: mai. 2021.

SHUAYTO, N. Management skills desired by business school deans and employers: an empirical investigation. **Business Education & Accreditation**, v. 5, n. 2, p. 93-105, 2013. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2239205. Acesso em: fev. 2021.

SINEK, S. **Comece pelo porquê**: como grandes líderes inspiram pessoas e equipes a agir. Rio de Janeiro: Sextante, 2018.

STEVENS, D. D.; LEVI, A. J. **Introduction to rubrics**: an assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning. Sterling: Stylus, 2013.

STEWART, J. C. *et al.* Evaluating agile principles in active and cooperative learning. **Proceedings of**

Student-Faculty Research Day, CSIS, Pace University, p. B3.1-B3.8, 2009. Disponível em: <http://csis.pace.edu/~ctappert/srd2009/b3.pdf>. Acesso em: fev. 2021.

SUTHERLAND, J. **Scrum**: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. Rio de Janeiro: Leya, 2016.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. The new product development game. **Harvard Business Review**, v. 64, n. 1, p. 137-146, 1986. Disponível em: <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game>. Acesso em: fev. 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

VERTICCHIO, N. M. **Análise comparativa das habilidades e competências necessárias para o engenheiro na visão da indústria, dos discentes e dos docentes**. 2006. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/SBPS-756PGQ>. Acesso em: fev. 2021.

VERTICCHIO, N. M.; SOARES, G. O. Perception of students of an integrated technical course in industrial automation on the use of eduScrum. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-19, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4228>. Disponível

em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4228>. Acesso em: fev. 2021.

VILELA, R. B., RIBEIRO, A.; BATISTA, N. A. Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: uma aplicação aos desafios do mestrado profissional em ensino na saúde. **Millenium**, v. 2, n. 11, p. 29-36, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7668060>. Acesso em: fev. 2021.

WIJNANDS, W.; STOLZE, A. Transforming Education with eduScrum. In: PARSONS, D.; MACCALLUM, K. (ed.). **Agile and lean concepts for teaching and learning**. Singapore: Springer, 2019. p. 95-114.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the Fourth Industrial Revolution**. Global Challenge Insight Report. Cologny/Geneva: World Economic Forum, 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Grupo A, 1998.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Grupo A, 2010.

Capítulo 11

PARTICIPAÇÃO FEMININA NA PESQUISA CIENTÍFICA EM STEM: ESTUDO DE CASO NO IFPE – CAMPUS RECIFE

Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Vânia Soares de Carvalho

Aida Araújo Ferreira

Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a escassez na formação de profissionais capacitados em disciplinas relacionadas a Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* – STEM), pode enfraquecer o potencial de inovação de uma sociedade (CASTILLO; GRAZZI; TACSIR, 2014). As habilidades

em STEM impulsionam a inovação de um país, e as mulheres e meninas são vitais em todas essas áreas. Os estereótipos de gênero, ausência de exemplos visíveis e políticas e ambientes sem apoio podem impedi-las de seguir, ou mesmo interromper, suas carreiras (ONU, 2019). Estimular jovens, independente do gênero, a desenvolverem habilidades e direcionar seus talentos a ingressar nas áreas em STEM é uma importante estratégia a ser adotada por todos, tendo em vista os grandes desafios quando se almeja uma sociedade justa, democrática e sustentável.

As áreas de STEM e de inovação têm forte relacionamento com a Agenda 2030¹ da Organização das Nações Unidas (ONU), pois são meios para se alcançar todos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para isso, é extremamente necessário cultivar o pensamento e as habilidades transformadoras, inovadoras e criativas e, da mesma forma, cidadãos competentes e empoderados. A baixa representatividade das mulheres na STEM, contudo, tem raízes profundas e coloca uma barreira prejudicial no avanço rumo ao desenvolvimento sustentável, almejado na referida Agenda. A forma como a sociedade irá enfrentar os grandes desafios para alcançar os ODS dependerá, fundamentalmente, do aproveitamento de todos os talentos. Isso significa incluir mais mulheres em STEM, já que estas representam o maior grupo populacional

1 Agenda 2030: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.

inexplorado para se transformar nas próximas gerações de profissionais nessas áreas (UNESCO, 2018).

Particularmente, o ODS 4 e o ODS 5, que tratam, respectivamente, sobre a educação inclusiva e equitativa de qualidade e aprendizagem ao longo da vida e sobre igualdade de gênero e empoderamento das meninas e mulheres, incluem metas específicas para que os países aumentem o acesso à Educação e às tecnologias de STEM, bem como para reduzir as disparidades de gênero (UNESCO, 2018). Buscar meios para maior representatividade das mulheres na STEM e sua permanência nessas áreas são desafios a serem enfrentados por todos os países (BOLZANI, 2017).

Uma ampla diferença de gênero persistiu ao longo dos anos em todos os níveis das disciplinas de STEM em todo o mundo. Embora a participação das mulheres no ensino superior tenha aumentado, elas ainda são sub-representadas em cursos dessas áreas. Dentro dessa baixa representatividade, ainda se tem o potencial inexplorado de mulheres totalmente treinadas e credenciadas que representa importante oportunidade perdida, não só para as mulheres em si, mas também para a sociedade como um todo (CASTILLO; GRAZZI; TACSIR, 2014). Em 110 países do mundo e territórios dependentes², apenas 30% de todas as estudantes, aproximadamente, escolhem áreas relacionadas a STEM na educação superior.-

2 UIS Statistics: <http://data.uis.unesco.org/>.

Várias iniciativas vêm sendo desenvolvidas para estimular as mulheres a ingressarem e permanecerem na STEM, conforme ilustra a publicação da UNESCO, “Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)” (UNESCO, 2018). Esse mesmo documento enfatiza que os fatores inerentes ao ambiente de aprendizagem, incluindo o perfil dos docentes, suas experiências, crenças e expectativas, os materiais e recursos de aprendizagem, as estratégias de ensino, as interações estudante-docente e o ambiente escolar em geral são estratégias que se sobrepõem e influenciam a participação, o desempenho e o avanço de meninas e mulheres nos estudos e nas carreiras de STEM, interagindo de forma complexa entre si.

No ambiente escolar, entre as intervenções que ajudam a aumentar o interesse e o envolvimento de meninas e mulheres na Educação em STEM, estão as atividades extracurriculares das estudantes, as quais incluem as ações de pesquisa (UNESCO, 2018). A integração entre o ensino e a pesquisa promovida pela Iniciação Científica (IC) permite a construção de uma via de mão dupla entre essas duas atividades, que vai além de uma relação de interdependência: aporta um novo significado ao ensino, ao visualizar a sala de aula como mais um espaço de construção do conhecimento (MASSI; QUEIROZ, 2010). Por outro lado, a iniciação científica pode constituir-se em um processo inclusivo de formação de recursos humanos e não deve ser exclusivo à formação de pesquisadores. Essa afirmativa baseia-se,

sobretudo, na ideia de universidade comprometida com a produção, transmissão e difusão do conhecimento, essenciais para as respostas aos desafios sociais que unem teoria e prática (BREGLIA, 2013).

Ainda dentro da discussão de gênero na pesquisa científica, observa-se que a autoconfiança e a autoeficácia das meninas em STEM podem aumentar quando elas estão em ambientes de aprendizagem favoráveis. A inserção de meninas em pesquisas com exposição a oportunidades de aprendizagem similares às do mundo real, tais como atividades extracurriculares, pesquisas de campo, acampamentos e outros, pode incentivar e despertar potenciais talentos (UNESCO, 2018).

Apesar do aumento da presença feminina no âmbito da pesquisa científica no Brasil, em todos os níveis, nos últimos anos, conforme quantitativo de bolsas das principais modalidades do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq)³, quando comparado ao das áreas de STEM, esse índice cresce em menor proporção ao longo dos anos analisados (2001-2015). Este capítulo contextualiza a participação de mulheres na pesquisa científica em STEM no Brasil, assim como no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*. A evolução da inserção de mulheres na iniciação científica nos últimos cinco anos nos cursos superiores do IFPE também é apresentada, com discussões sobre algumas

3 CNPq: <http://cnpq.br/series-historicas>

iniciativas no Brasil e no mundo para aumentar a representatividade feminina em STEM.

2 CENÁRIO DA PESQUISA CIENTÍFICA NO BRASIL

De acordo com o relatório intitulado *Research in Brazil* (CROSS; THOMSON; SIBCLAIR, 2018) – produzido pela equipe de analistas de dados da *Clarivate Analytics* para a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) –, desde 1990, o governo brasileiro estabeleceu objetivos ambiciosos para aumentar as despesas internas brutas em pesquisa e desenvolvimento (*Gross Domestic Expenditure on Research and Development* – GERD) com uma porcentagem do Produto Interno Bruto (PIB). O objetivo estabelecido em 2014 era alcançar 2% até 2019, de acordo com a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2019 (UFRJ, 2016). Segundo o relatório, o Brasil é o 13º maior produtor de publicações de pesquisa em nível mundial. Conforme dados da *National Science Foundation* (NSF)⁴, dos Estados Unidos, o Brasil aumentou em 69,4% o número de artigos científicos publicados, estando em 12º no *ranking* de publicações científicas, à frente da Espanha e da Austrália.

É importante destacar alguns dados a respeito da participação das mulheres em campos da STEM. Vários

4 *Science and Engineering Indicators* 2018: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/>

estudos apontam a diferença quantitativa em termos de representatividade feminina nas áreas acadêmicas e profissional em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). De acordo com o Instituto de Estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UIS), dados publicados em 2017⁵ apontam que, mundialmente, há cerca de 30% de mulheres no ensino superior nas áreas de STEM e que apenas 28% dos pesquisadores do mundo são mulheres (CROSS; THOMSON; SIBCLAIR, 2018). Pesquisadores relatam que a falta de incentivo às mulheres para investirem nessas áreas se inicia na infância. Acrescentam que essa tendência estende-se pela vida profissional e que, nas Ciências, em geral, as mulheres representam 49% do total de pesquisadores, enquanto que, na Matemática, esse número representa 25% (CODEÇO; DIAS, 2018).

Em Relatório da Elsevier que analisa o desempenho da pesquisa em relação ao gênero, constatou-se que a proporção de mulheres difere nas várias áreas estudadas (ELSEVIER, 2017). Existem diversas áreas temáticas em que as mulheres representam pelo menos 40% dos pesquisadores nos doze países analisados: Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, Imunologia e Microbiologia, Medicina, Enfermagem e Psicologia. Nesses campos, todas as regiões apresentam maior equilíbrio de gênero, com exceção do Japão, onde os homens ainda superam as mulheres. Na Enfermagem, o

5 UIS Statistics: <http://data.uis.unesco.org/>

percentual de mulheres aumentou de tal forma que vários países (Austrália, Brasil, Canadá, Portugal e Estados Unidos) agora têm mais de 60% das mulheres entre os pesquisadores. Existem outras áreas de estudo que também têm um nível relativamente alto de proporção de mulheres entre os pesquisadores: Agricultura, Ciências Biológicas, Neurociências, Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica, Ciências Sociais e Veterinária. Os campos da Saúde e das Ciências da Vida têm a mais alta representação de mulheres entre os pesquisadores.

É comum encontrar, em documentos de patentes, nomes de inventores reconhecidos como cientistas (MACEDO; BARBOSA, 2000). Por essa razão, a avaliação da presença de mulheres entre os inventores se faz necessária. O relatório Elsevier (ELSEVIER, 2017) analisou o número de pedido de patentes, em nível mundial, e concluiu que, entre os inventores, as mulheres geralmente estão sub-representadas. Contudo, os dados também revelam, em nível global, que a proporção de mulheres nomeadas como inventoras aumentou de 10%, no período entre 1996 e 2000, para 14%, no período entre 2011 e 2015. A porcentagem de pedidos de patentes que incluem pelo menos uma mulher entre os inventores também aumentou, de 19%, no período entre 1996 e 2000, para 28%, entre 2011 e 2015. Estudo realizado pelo Instituto de Propriedade Intelectual do Reino Unido (*Intellectual Property Office* – IPO) complementa a última informação, mostrando aumento para 31%, em 2017 (INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE, 2019). O relatório também revelou que a distribuição de mulheres entre

os inventores citados em pedidos de patente não é igual entre os países e regiões comparados. Portugal se destaca como tendo a maior participação de mulheres (26%), entre os anos de 2011 e 2015, e o Brasil (19%) vem em segundo lugar, de acordo com esse relatório.

Em relação ao Brasil, ainda conforme estudo publicado pela Elsevier em 2017 (ELSEVIER, 2017), o país está na liderança global da igualdade de gênero quando o assunto é Ciências, superando Estados Unidos, Reino Unido e os países da União Europeia. A proporção de mulheres brasileiras que publicaram artigos científicos, uma das principais medições de evolução de uma carreira na ciência e na academia, subiu 11% entre os anos de 2007 e 2017. Pelo referido estudo, as mulheres publicam metade de todos os artigos acadêmicos e científicos produzidos no Brasil, atingindo a igualdade de gênero em um setor que tradicionalmente deixou homens à frente. Vale salientar que o percentual de pesquisadoras é destaque nas áreas de Medicina, Agricultura, Biologia, Biologia Molecular, Bioquímica e Genética, sem ênfase para a área de STEM.

Ao analisar o gênero dos pesquisadores cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), entre os anos de 1993 e 2016, de acordo com os dados da Tabela 1, percebe-se que, no início da série histórica, o percentual de homens (61%) era muito superior ao percentual de mulheres (39%). Ao longo dos 21 anos estudados, porém, o percentual de mulheres aumentou, chegando a apresentar uma distribuição equilibrada entre os anos de 2010 e 2016.

Tabela 1 – Pesquisadores por sexo (%)

Sexo	Ano e percentual (%)										
	1993	1995	1997	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2014	2016
Masculino	ND	61	58	56	54	53	52	51	50	50	50
Feminino	ND	39	42	44	46	47	48	49	50	50	50

Fonte: CNPq [2017?]

Paralelamente aos desafios inerentes à ciência brasileira, as mulheres nas Ciências ainda continuam enfrentando um obstáculo adicional, que é o de se fazerem representadas nas áreas de STEM.

A pesquisa realizada por Grossi *et al.* (2016), analisou o currículo Lattes de 4.970 mulheres com teses de doutorado concluídas entre os anos de 2000 e 2013. Tal pesquisa indicou que as mulheres conseguiram muitos avanços na esfera acadêmica, mas que a desigualdade de papéis entre elas e os homens ainda persiste dentro da ciência. Dessas mulheres, 20% fizeram ou estavam fazendo pós-doutorado, com participação feminina maior nas áreas das Ciências Biológicas, das Ciências da Saúde e das Ciências Humanas, sendo a menor participação nas Engenharias.

Um outro exemplo do desafio para atuação feminina nas Ciências são as bolsas de alto nível de produtividade em pesquisa do CNPq, uma vez que, há mais de 15 anos, o número de mulheres bolsistas não consegue ultrapassar 36% do total das bolsas concedidas pelo órgão (CODEÇO; DIAS, 2018). Essa constatação é também confirmada por pesquisas que analisaram bolsistas de produtividade e pesquisadores que

obtiveram fundos do Edital Universal do CNPq. Segundo Valentova *et al.* (2017), o desequilíbrio de gêneros é um dificultador para que as mulheres possam atingir o topo das suas carreiras. Outros pesquisadores atribuem essa baixa representação às nossas raízes culturais e institucionais. Enfatizam, ainda, que esse panorama ocorre também em outros países e que, no Brasil, esses indicadores são melhores para a atuação feminina nas áreas das Humanidades e Ciências Sociais (TONELLI; ZAMBALDI, 2018).

3 PRESENÇA FEMININA NA PESQUISA CIENTÍFICA EM STEM NO IFPE – CAMPUS RECIFE

O *Campus* Recife do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), ao longo dos seus 110 anos de existência, se consagrou por ofertar cursos no âmbito do ensino profissional e tecnológico nas áreas da STEM. Atualmente, o IFPE – *Campus* Recife oferta nove cursos na modalidade integrado (ensino médio integrado ao técnico) e técnico subsequente (pós-ensino médio), oito cursos superiores (tecnológico, bacharelado e licenciatura) e cinco cursos de pós-graduação (especialização e mestrado). De todos esses cursos elencados, apenas o de Licenciatura em Geografia e o de Tecnologia em Gestão do Turismo não se inserem nos campos da STEM, conforme classifica a publicação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2018).

Dentro desse contexto, uma avaliação da inserção das pesquisadoras (professoras e estudantes) na pesquisa científica no IFPE – *Campus* Recife é realizada. Atualmente, há 38 grupos de pesquisa em atividade no *Campus* Recife cadastrados na Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPESQ), dos quais 21 são na área de STEM. Desses, apenas oito são liderados por mulheres, conforme ilustra a Tabela 2. Quando se compara o número de pesquisadoras e de pesquisadores, ambos em STEM, o percentual é ainda menor para as mulheres. Isso se deve ao fato de muitas delas estarem como integrantes de grupos liderados por homens. Contudo, proporcionalmente, as mulheres, nesse cenário, vêm perdendo representatividade. Até 2010, eram quatro grupos de pesquisa liderados por mulheres em STEM para quatro grupos liderados por homens. Hoje, esse número não é igualitário, conforme indicado na Tabela 2. Em relação a essa diferença, deve-se se levar em consideração a maior proporção de homens nos processos de seleção e admissão de professores para as áreas em STEM no IFPE Recife.

Tabela 2 – Quantitativo de pesquisadores/pesquisadoras em atividade no IFPE – *Campus* Recife

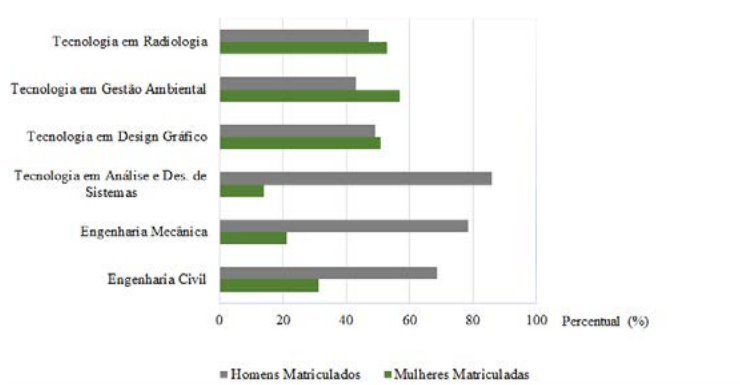
Número de grupos de pesquisa no IFPE/ Recife	Grupos de pesquisa liderados por mulheres	Grupos de pesquisa liderados por homens	Grupos de pesquisa em STEM liderados por mulheres	Grupos de pesquisa em STEM liderados por homens
38	17 (45%)	21 (55%)	8 (38%)	13 (62%)

Fonte: dados da pesquisa

4 INSERÇÃO DE MULHERES NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM STEM NO IFPE – CAMPUS RECIFE

Antes de serem apresentados os dados relativos à evolução da inserção de mulheres no IFPE – *Campus Recife*, é importante caracterizar os estudantes que ingressam na Instituição. O Gráfico 1 representa, em termos percentuais, o ingresso de estudantes (mulheres e homens) em cursos superiores em STEM. Observa-se que os cursos de Tecnologia em Radiologia, Tecnologia em Gestão Ambiental e Tecnologia em Design Gráfico possuem maior percentual de mulheres, enquanto que os cursos de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Engenharia Civil e Engenharia Mecânica mostram-se mais atrativos para os estudantes do sexo masculino.

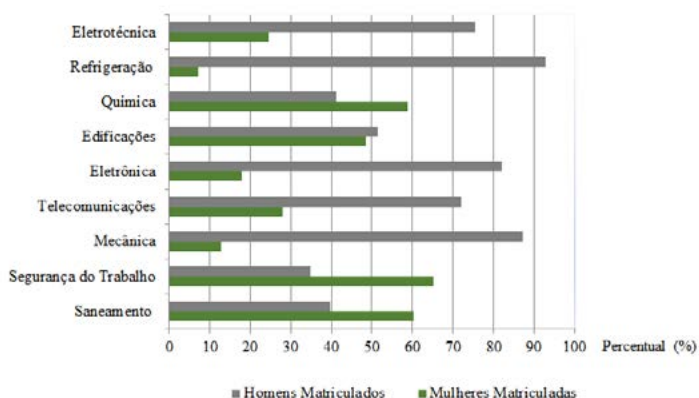
Gráfico 1 – Percentual de estudantes matriculados em cursos superiores, que ingressaram no IFPE –*Campus Recife* em 2019, separados por sexo



Fonte: dados da pesquisa

Em relação aos cursos técnicos, os números revelam a preferência por alguns cursos em detrimento a outros. Os cursos de Segurança do Trabalho, Saneamento e Química atraem mais mulheres do que homens. O curso de Refrigeração e Ar Condicionado é o que apresenta menor atratividade para as mulheres, seguido do curso de Mecânica e Eletrônica, conforme ilustrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Percentual de estudantes matriculados em cursos técnicos, que ingressaram no IFPE – *Campus Recife* em 2019, separados por sexo

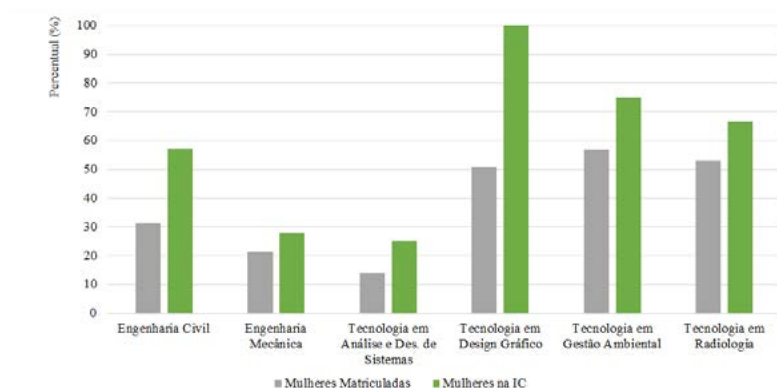


Fonte: dados da pesquisa

No cenário da iniciação científica, os números revelam desafios a serem ultrapassados, tendo em vista o baixo ingresso de mulheres em alguns cursos. O Gráfico 3 representa uma análise comparativa do ingresso de mulheres na iniciação científica, nos anos de 2019 e 2020, entre os cursos superiores do IFPE –

Campus Recife. Observa-se que, dos 31% de mulheres que ingressaram no curso de Engenharia Civil, 57% delas estão envolvidas em projetos de pesquisa. Por outro lado, dos 21% de mulheres que ingressaram no curso de Engenharia Mecânica, apenas 27% estão inseridas no universo da iniciação científica.

Gráfico 3 – Inserção de mulheres matriculadas em cursos superiores em projetos de iniciação científica do IFPE – *Campus Recife*

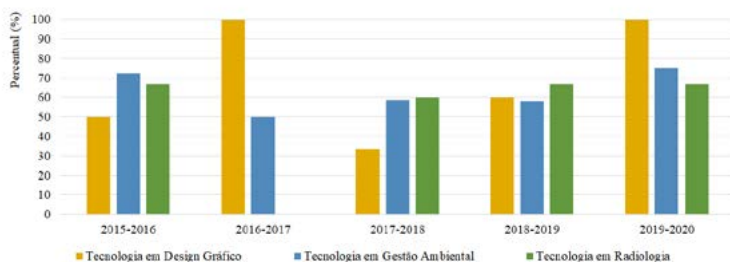


Fonte: dados da pesquisa

Em se tratando da evolução do ingresso de mulheres na iniciação científica, observa-se que algumas ações têm sido estratégicas e se revelado bastante promissoras. O Gráfico 4 indica essa evolução no que diz respeito às mulheres matriculadas nos cursos superiores. Verifica-se que há uma certa prevalência de determinado sexo na iniciação científica para os cursos analisados, de acordo com o ano. Em uma análise mais aprofundada dos dados sobre os cursos com maior percentual de ingresso

de mulheres, percebe-se que a inserção na iniciação científica (IC) das estudantes do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental e de Tecnologia em Radiologia manteve-se aproximadamente na faixa dos 50% ou acima disso, apesar desse último não ter apresentado nenhuma estudante envolvida na IC para o período de 2016-2017. Contudo, a representatividade feminina na IC de projetos do curso de Tecnologia em Design Gráfico apresentou maior variação em dois períodos distintos (2016-2017 e 2019-2020): em um período, todas as oportunidades de pesquisa foram preenchidas por mulheres, enquanto no outro período não houve inserção feminina na IC.

Gráfico 4 – Evolução da inserção de mulheres matriculadas em cursos superiores com maior presença feminina na iniciação científica do IFPE – *Campus Recife*

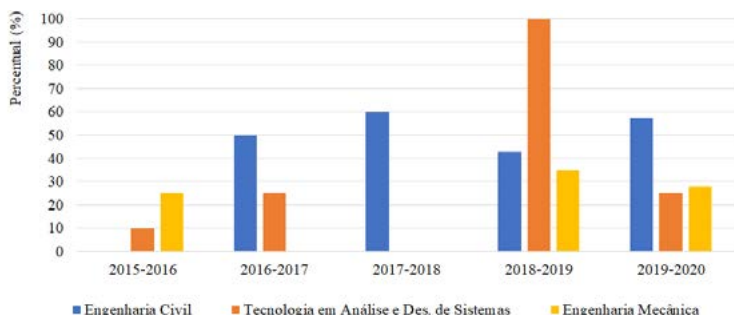


Fonte: dados da pesquisa

Para os cursos com menor ingresso de mulheres (Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), observa-se que

muitas ações deverão ser planejadas e realizadas para mudar esse cenário. Por meio do Gráfico 5, contata-se que, em 2015-2016, não houve ingresso de estudantes do sexo feminino do curso de Engenharia Civil na IC. Nos anos consecutivos, a taxa de ingresso manteve-se na faixa de 40% a 70%. Para o curso de Engenharia Mecânica, a faixa de variação da presença feminina na IC manteve-se entre 20% e 40%, com dois períodos –2016-2017 e 2017-2018 – em que não se verifica a presença de mulheres em projetos de pesquisa. O curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas apresentou maior variação da taxa de inserção de mulheres, com período em que todas as oportunidades de iniciação científica foram preenchidas por elas (2018-2019) e período marcado pela ausência feminina na IC, correspondendo a uma taxa de variação de 9% a 100% de presença feminina, nos períodos analisados.

Gráfico 5 – Evolução da inserção de mulheres matriculadas em cursos superiores com menor presença feminina na iniciação científica



Fonte: dados da pesquisa

5 INICIATIVAS NO BRASIL E NO MUNDO PARA AUMENTAR A REPRESENTATIVIDADE FEMININA EM STEM

Diante do cenário apresentado, nota-se que ainda há muito a fazer para aumentar a participação das mulheres no desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil e no mundo. Algumas ações nesse sentido já estão sendo implementadas em vários países, na forma de incentivos em editais, prêmios e oportunidades em empresas públicas e privadas.

Em termos de atuação profissional, de acordo com o relatório “Perspectivas sociais e de emprego no mundo: tendências para mulheres 2018” (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 2018), as mulheres representam 48,5% do total de profissionais atuantes no mercado de trabalho, ou seja, 26,5% abaixo da taxa dos homens. Em se tratando de representação feminina no mercado de trabalho em Engenharia, especificamente, a taxa cai para apenas 20,8% contra os 79,2% dos homens, conforme o “Perfil Ocupacional dos Profissionais da Engenharia no Brasil”, elaborado pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2015). Para o futuro, as expectativas de empregos para as mulheres em STEM não são promissoras. O estudo realizado em 2016 pelo Fórum Econômico Mundial em 12 economias avançadas concluiu que, para cada 20 empregos perdidos para a automatização, homens trabalhando em STEM terão quatro novas colocações; mulheres, apenas uma vaga.

Essa pesquisa levou em conta as atuais taxas de participação de gênero nos setores de STEM e indica que as mulheres perderão oportunidades de emprego (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Recentemente, a Organização das Nações Unidas (2020) declarou que o século XXI deve ser o século da igualdade de gênero e que trabalharão para: i) revogar leis que discriminam mulheres e meninas; ii) aumentar a proteção contra a violência; iii) diminuir a desigualdade na educação e no acesso às tecnologias digitais das meninas; iv) garantir acesso total aos serviços e direitos de saúde sexual e reprodutiva; v) acabar com as disparidades salariais entre homens e mulheres. Essas ações são necessárias para transformar as instituições e as estruturas, ampliar a inclusão e impulsionar a sustentabilidade, atendendo aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destinados a construir sociedades pacíficas, prósperas e inclusivas, além de proteger o planeta.

No Brasil, desde 2005, o Programa Mulher e Ciência – criado a partir do trabalho realizado pela Secretaria Especial de Políticas para as Mulheres (SPM), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Ministério da Educação (MEC), entre outros – vem incentivando projetos que estimulem a produção científica e a reflexão acerca das relações de gênero, mulheres e feminismos no país. Anteriormente, essas ações estavam voltadas apenas para mulheres no ensino superior e seu acesso ao mercado de trabalho, mas,

desde 2010, é possível observar também iniciativas voltadas para crianças e adolescentes.

Outra iniciativa, não especificamente destinada às mulheres, mas que pode ser utilizada como incentivo para sua inserção em STEM, é o Prêmio de Destaque na Iniciação Científica do CNPq. Consultando o histórico de premiação na área de Ciências Exatas, da Terra e Engenharias, observa-se um equilíbrio alcançado em ambos os sexos. Essa iniciativa premia, anualmente, entre um e três dos melhores estudantes de Iniciação Científica ou de Iniciação Tecnológica, nas grandes áreas do conhecimento. A entrega da premiação é realizada durante a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), desde 2003. Na área de Ciências Exatas, da Terra e Engenharias, o prêmio foi concedido a uma candidata nos anos 2003, 2004 e 2007; nos anos de 2005 e 2006, foi a vez dos estudantes do sexo masculino. Em 2008, um estudante do sexo masculino e duas do sexo feminino foram premiados. Nos anos de 2009 a 2011, três estudantes, a cada ano, sendo dois homens e uma mulher, foram premiados. Dos anos de 2012 a 2018, um estudante de cada sexo foi premiado. Essa tendência na premiação indica um equilíbrio entre os sexos dos estudantes premiados, enfatizando a presença feminina nas áreas de Ciências Exatas, da Terra e Engenharias (CNPQ, 2020).

Iniciativas e políticas públicas desenvolvidas no Brasil e no mundo objetivam aumentar e promover a inclusão feminina em STEM. No Brasil, políticas públicas como as realizadas pelo CNPq, por meio de editais que

apoiam estudos de gênero, são formas de estimular a participação de mulheres e meninas em STEM. Outro exemplo são as fundações estaduais de fomento à pesquisa que, por meio de seminários e premiações, reconhecem a atuação científica das mulheres.

Vale ressaltar, ainda, iniciativas de fundações e empresas privadas nesse sentido, às quais o engajamento no combate às desigualdades agregam valor corporativo (BOLZANI, 2017), a exemplo de projetos como o *Digital NeWomen* (um programa para formar Mulheres Líderes em Tecnologias Digitais, da *Accenture*) e o *Women at Microsoft*. É o caso, também, de empresas como a Unilever, que, na visão de um novo modelo de negócio, criou o ME@Unilever, um programa cujo objetivo é capacitar e empoderar mulheres, buscando a equidade dentro das fábricas, por meio de uma maior participação em seus parques fabris, com a possibilidade de ascenderem dentro da organização.

Atrair meninas para as carreiras de Ciências e Tecnologia (C&T), por meio de uma formação continuada com foco em práticas que envolvam as disciplinas e as oficinas de Física, Matemática, Robótica e Ciências, bem como debates sobre questões de gênero, além de contribuir para a eliminação de estereótipos e a quebra de antigos paradigmas, abre possibilidade para estas lidarem com tecnologia, desde o ensino fundamental e médio, promovendo uma aproximação com as ciências exatas, o que pode refletir em suas escolhas profissionais (OLIVEIRA; UNBEHAUM; GAVA, 2019). Exemplo desse tipo de iniciativa é a promovida por

Louzada *et al.* (2019), que, no trabalho de extensão “meninas digitais no Cerrado”, têm contribuído com várias ações de empoderamento e capacitação, com o objetivo de combater a evasão escolar feminina, através de capacitação tecnológica, construção humana (rodas de conversa), divulgação científica, representação e ampliação de alcance (participação em feiras, exposições divulgando o projeto) e promoção de eventos. Em se tratando especificamente desse último ponto, organizar eventos valorizando a perspectiva feminina, a exemplo da iniciativa internacional Ada Lovelace Day⁶, tem contribuído, consideravelmente, para reunir e criar comunidades sólidas para incentivar a permanência de mulheres em STEM.

6 INICIATIVAS NO IFPE RECIFE PARA INSERÇÃO FEMININA EM STEM

Em relação à inserção de mulheres nas áreas em STEM, há indicação de que investir na iniciação científica para elas promove a excelência científica e impulsiona a qualidade dos resultados em STEM, uma vez que abordagens diferentes agregam criatividade, reduzem potenciais vieses e promovem conhecimento e soluções mais robustas (CAPRILE *et al.*, 2012; MARGINSON *et al.*, 2013). Esse fato deve ser muito divulgado, de modo que o aumento do número de mulheres em STEM seja

6 Ada Lovelace Day: <https://findingada.com>

uma questão importante para todos, em lugar de um problema exclusivamente feminino.

Seguindo essa premissa e observando que a grande parte dos estudantes bolsistas de iniciação científica eram do sexo masculino, estimuladas pelo desafio de aumentar a representatividade feminina em STEM, pesquisadoras do IFPE iniciaram, em 2016, um trabalho de divulgação dos projetos de pesquisa dentro e fora da sala de aula, com o objetivo de atrair meninas/mulheres a ingressarem na pesquisa científica e, assim, fortalecerem as suas escolhas nessas áreas.

Como resultado dessas ações, observa-se que, a partir de 2016, houve um incremento de meninas/mulheres dos cursos técnicos e superiores em projetos de pesquisa, como apresentado anteriormente para o curso de Engenharia Civil no Gráfico 5. Também constatou-se, por meio de pesquisa realizada com as bolsistas e ex-bolsistas de iniciação científica, que aproximadamente 97% delas consideravam que a iniciação científica ajudou a consolidar seu interesse em seguir a carreira em uma profissão na área da STEM. As mulheres cientistas relatam que suas experiências em Ciências nos anos iniciais da escola e por meio de projetos e pesquisas científicas foram importantes para o desenvolvimento de seu interesse duradouro e para incentivá-las a escolher carreiras na ciência (BAKER, 2013).

Sabe-se que ainda é preciso romper muitas barreiras impostas às mulheres para ingressarem e permanecerem nas áreas da STEM. Todavia, percebe-se que a iniciação

científica e a extensão universitária com o envolvimento em projetos de cunho prático, além de atrair, despertar e consolida a escolha das estudantes e também contribui para a diminuição das desigualdades de gênero dentro do ambiente da pesquisa científica.

O IFPE – *Campus* Recife vem consolidando o compromisso em implementar ações para promover a participação das mulheres em STEM, por meio da inserção das meninas em programas de iniciação científica e de extensão e em eventos com a participação de mulheres em posição de destaque na nossa sociedade. No ano de 2020, no Programa Institucional para Concessão de Bolsas de Extensão (PIBEX), um projeto de extensão intitulado “Meninas nas Ciências, sim senhor!” foi aprovado, cujo objetivo é divulgar, por meio de oficinas de geotecnologias, o uso de ferramentas tecnológicas no estudo do território para 100 meninas do ensino fundamental II, dos 8º e 9º anos de uma escola pública da rede municipal. Pretende-se, também, trazer essas meninas para conhecer os laboratórios do IFPE – *Campus* Recife, de forma a estimulá-las a escolher carreiras que envolvam STEM. As ações contínuas de interação entre as instituições acadêmicas e a sociedade proporcionam a democratização das informações, a inclusão e o desenvolvimento social e tecnológico, refletindo na melhoria da qualidade de vida da população.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias atuais, ainda prevalece a distinção de gênero quando se trata de estímulo e motivação de jovens a seguir uma carreira em STEM. Múltiplos fatores contribuem para essa realidade, desde os que se enquadram no âmbito individual e familiar até os fatores institucional e social. Os estereótipos das habilidades exigidas em STEM podem afetar negativamente o interesse, o envolvimento e os resultados de meninas e mulheres, chegando a desencorajá-las a seguir carreira nessas áreas. Por outro lado, as práticas de ensino efetivas adotadas no ambiente escolar podem ajudar a promover a motivação e o envolvimento delas em STEM.

Com esse pensamento, o IFPE – *Campus Recife* vem tratando esse tema com muita atenção, tendo em vista que a maioria dos cursos oferecidos são em STEM e que há uma prevalência do gênero masculino em alguns deles. Observou-se que a pesquisa científica com o envolvimento de estudantes de cursos técnicos e superiores em STEM têm se mostrado um instrumento valioso para promover a inserção e a motivação de mulheres a seguir uma carreira nessas áreas de conhecimento.

Entre ações futuras e intervenções já consolidadas dentro do IFPE – *Campus Recife* que ajudam a atrair, aumentar o interesse e o envolvimento de meninas e mulheres na educação em STEM, destacam-se:

- A divulgação de pesquisas científicas e projetos de extensão universitária em STEM em eventos programados (*Semana Mais Campus*, *Semana*

Nacional de Ciência e Tecnologia, Jornada de Iniciação Científica e Congresso de Iniciação Científica) dentro do IFPE;

- O estímulo à participação em eventos científicos e ao envio de trabalhos científicos, a exemplo do 1º Simpósio Brasileiro de Mulheres em STEM, ocorrido em março de 2020, na cidade de São José dos Campos, estado de São Paulo;
- A observação de habilidades e talentos em sala de aula e estímulo à participação de mulheres em iniciação científica e projetos de extensão;
- O desenvolvimento do projeto de extensão aprovado em 2020, intitulado “Meninas nas Ciências, sim senhor!, que envolve três estudantes, uma de Engenharia Civil e duas do curso técnico de Saneamento;
- A manutenção de bolsas de IC e de extensão, tanto para mulheres dos cursos superiores como dos técnicos, que podem ser do CNPq, da Fundação de Amparo à Pesquisa Científica de Pernambuco (FACEPE) ou com recursos do próprio Instituto;
- A realização de encontros e rodas de conversa com a participação de mulheres que se destacam na academia, no governo ou em empresas cuja formação seja em STEM para inspirar as estudantes nas suas carreiras;
- A criação de grupo de estudos de gênero em STEM, com o envolvimento de professores e alunos, a fim de desenvolver ações/encontros

para o estímulo de estudantes nas carreiras em STEM, inclusive para acompanhar a repercussão de ações realizadas no IFPE – *Campus Recife* e a atualização dos dados apresentados neste capítulo;

- O estímulo e a divulgação de conquistas de meninas do IFPE – *Campus Recife* em competições tecnológicas, como a *Technovation Challenge*, competição dedicada a estudantes do sexo feminino, entre 10 e 18 anos de idade, que desenvolvem aplicativos de impacto social;
- O estímulo à participação e divulgação de conquistas de meninas do IFPE – *Campus Recife* em programas de intercâmbio, como o programa *Stanford Pre-Collegiate Summer Program* (SPCS), ofertado pela Universidade Stanford (EUA).

É nítida a diferença que persiste em termos de atuação feminina em carreiras, seja acadêmica ou profissional, das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. É necessário investir esforços individuais e coletivos, dentro e fora das instituições de ensino e pesquisa, nas esferas do poder público e nas instituições privadas, divulgando e enfatizando que não existe uma área exclusivamente masculina ou feminina. A igualdade de direitos entre homens e mulheres deve ser considerada um meio fundamental para promover a excelência científica e tecnológica e, além disso, contribuir para uma sociedade mais justa, democrática e sustentável.

REFERÊNCIAS

BAKER, D. What works: Using curriculum and pedagogy to increase girls' interest and participation in science. **Theory into Practice**, v. 52, n. 1, p. 14-20, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07351690.2013.743760>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07351690.2013.743760>. Acesso em: fev. 2021.

BOLZANI, V. S. Mulheres na ciência: por que ainda somos tão poucas? **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 56-59, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400017>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252017000400017. Acesso em: mai. 2021.

BREGLIA, V. L. A. Graduação, formação e pesquisa: entre o discurso e as práticas. **Trivium. Estudos Interdisciplinares**, v. 5, n. 1, p. 1-14. 2013. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2176-48912013000100002. Acesso em: mai. 2021.

CAPRILE, M. *et al.* **Meta-analysis of gender and science research**. Synthesis report. Luxembourg: The European Union, 2012. 229 p. Disponível em: <https://op.europa>.

eu/en/publication-detail/-/publication/3516275dc56d-4097-abc3-602863bcefc8. Acesso em: mai. 2021.

CASTILLO, R.; GRAZZI M.; TACSIR, E. **Women in Science and Technology**: what does the literature say? Inter-American Development Bank. Institutions for Development. Technical Note No. IDB-TN-637, 2014. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/women-science-and-technology-what-does-literature-say>. Acesso em: mai. 2021.

CNPQ. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Pesquisadores por sexo**. Brasília, DF: CNPQ, [2017?]. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/pesquisadores-por-sexo>. Acesso em: fev. 2021.

CNPQ. CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Prêmio Destaque na Iniciação Científica e Tecnológica**. Brasília, DF: CNPQ, 2020. Disponível em: <http://www.destaqueict.cnpq.br/web/pdict/premiados>. Acesso em: mai. 2020.

CODEÇO, C. T.; DIAS, C. M. Mulheres na ciência. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 10, p. 1-2, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00173718>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2018001000101&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

CROSS, D.; THOMSON, S.; SIBCLAIR, A. **Research in Brazil: A report for CAPES by Clarivate Analytics.** [S.L]: Clarivate Analytics, 2018. 73 p.

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Perfil ocupacional dos profissionais da Engenharia no Brasil.** [S.L]: DIEESE, 2015. Disponível em: https://www.fne.org.br/upload/documentos/publicacoes/PerfilFNE_net.pdf. Acesso em: mai. 2021.

ELSEVIER. **Gender in the global research landscape: analysis of research performance through a gender lens across 20 years, 12 geographies, and 27 subject areas.** Elsevier, 2017. Disponível em: https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0008/265661/ElsevierGenderReport_final_for-web.pdf. Acesso em: mai. 2021.

GROSSI, M. G. R. *et al.* As mulheres praticando ciência no Brasil. **Revista Estudos Feministas**, v. 24, n. 1, p. 11-30, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1805-9584-2016v24n1p11>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-026X2016000100011&script=sci_abstract. Acesso em: mai. 2021.

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE. IPO. **Gender profiles in worldwide patenting: an analysis of female inventorship.** Newport: IPO, 2019. 36 p.

LOUZADA, N. *et al.* Agindo sobre a diferença: atividades de empoderamento feminino em prol da permanência de mulheres em cursos de Tecnologia da Informação. In: WOMEN IN INFORMATION TECHNOLOGY (WIT), 13.; 2019, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBC, 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/6714>. Acesso em: fev. 2021.

MACEDO, M. F. G.; BARBOSA, A. I. F. **Patentes, Pesquisa & Desenvolvimento**: Um manual de propriedade intelectual. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

MARGINSON, S. *et al.* **STEM**: country comparisons. Report for the Australian Council of Learned Academies (ACOLA). Melbourne: ACOLA, 2013. Disponível em: <https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A56992>. Acesso em: fev. 2021.

MASSI, L.; QUEIROZ, S. L. Estudos sobre iniciação científica no Brasil: uma revisão. **Cadernos de Pesquisa**, v. 40, n. 139, p. 173-197, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-15742010000100009>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-15742010000100009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: mai. 2021.

OLIVEIRA, E. R. B.; UNBEHAUM, S.; GAVA, T. A Educação STEM e gênero: uma contribuição para o debate brasileiro. **Cadernos de Pesquisas**, v. 49, n. 171, p. 130-159, 2019. Disponível em: <http://publicacoes>.

fcc.org.br//index.php/cp/article/view/5644. Acesso em: fev. 2021.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ‘O século 21 deve ser o século da igualdade para as mulheres’ diz chefe da ONU. Brasília, DF: ONU, 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/85178-o-seculo-21-deve-ser-o-seculo-da-igualdade-para-mulheres-diz-chefe-da-onu>. Acesso em: mai. 2021.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Em dia internacional, ONU alerta para exclusão de mulheres nas áreas de ciência e tecnologia. Brasília, DF: ONU, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3qAHYFP>. Acesso em: dez. 2019.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. OIT. **Perspectivas sociales y del empleo en el mundo:** avance global sobre las tendencias del empleo femenino. Ginebra: OIT, 2018. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/--publ/documents/publication/wcms_619603.pdf. Acesso em: mai. 2021.

TONELLI, M. J.; ZAMBALDI, F. Mulheres na ciência. **Revista de Administração de Empresas**, v. 58, n. 2, p. 114-115. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-759020180201>. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034->

75902018000200114&script=sci_arttext&tlng=pt.
Acesso em: mai. 2021.

UFRJ. Agência UFRJ de inovação. MCTI lança estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2016-2019. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. Disponível em: <https://inovacao.ufrj.br/index.php/noticias/386-mcti-lanca-estrategia-nacional-de-ciencia-tecnologia-e-inovacao-2016-2019>. Acesso em: mai. 2021.

UNESCO. **Decifrar o código**: educação de meninas e mulheres em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Brasília, DF: UNESCO. 2018.

VALENTOVA, J. V. *et al.* Underrepresentation of women in the senior levels of Brazilian science. **PeerJ – Life & Environment**, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4000>. Disponível em: <https://peerj.com/articles/4000/>. Acesso em: fev. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. WEF. **The industry gender gap**: women and work in the Fourth Industrial Revolution. Executive Summary. Cologny/Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOJ_Executive_Summary_GenderGap.pdf. Acesso em: mai. 2021.

O livro “Educação em Engenharia: Aplicações no Ensino em Engenharia” faz parte da série Reflexões em Educação e conta com a colaboração de diversos pesquisadores/professores da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) e de instituições parceiras. Seus autores buscam fomentar as discussões sobre temas recentes da Educação na Engenharia, trazendo contribuições para a implantação das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) das Engenharias, estabelecidas em 2019, com os distintos relatos de experiências realizadas em diversas instituições de diferentes regiões do país, indicando uma nova formação para os seus futuros profissionais. Destaca-se, nesses relatos, o uso de metodologias ativas de aprendizagem como aporte a esse remodelamento dos cursos de Engenharias. A ideia é que este livro possa inspirar desdobramentos para a evolução do ensino superior nas Engenharias, atendendo às demandas do século XXI.