



# International Symposium on Project Approaches in Engineering Education

## PAEE 2017

Data: 11/12/2017

Horário: 08:00 as 18:00

Local: Auditório do Departamento de  
Engenharia Civil e Ambiental - ENC  
Faculdade de Tecnologia



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia



## TITLE

International Symposium on Project Approaches in Engineering Education  
Volume 9 (2017) ISSN 2183-1378

Proceedings of the PAEE'2017, 9<sup>th</sup> International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE): Implementing Problem/Project-Based Learning (PBL) in different contexts of Brazilian Higher Education Institutions

University of Brasília, Brasília, Brazil - 11 December 2017

## EDITORS

Rui M. Lima, André Luiz Aquere, João Mello

## PUBLISHER

Department of Production and Systems – PAEE association

School of Engineering of University of Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

## GRAPHIC DESIGN

FT-UnB

## ISSN

2183-1378

PAEE'2017, 9<sup>th</sup> International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE) was organized by Faculty of Technology, University of Brasília (UnB), in collaboration with PAEE – Project Approaches in Engineering Education Association.



<http://pae.dps.uminho.pt/>

This is a digital edition.

## WELCOME TO PAEE'2017

Dear Participants,

Welcome to PAEE'2017, the 9<sup>th</sup> International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE). Contributing for a movement of change in Engineering Education has been the main motivation for creating the PAEE in 2009, at Guimarães, Portugal. But our drive in Engineering Education comes further beyond when in the focus of our concerns was the desire to help engineering students develop competences for their profession with higher indices of motivation. In this process, more than 10 years ago, a colleague from PAEE met some colleagues from the University of Brasília (UnB) during a talk about Project-Based Learning. After several years of organization of the PAEE international symposium, we finally come to UnB. It feels like coming home!

This special edition is part of the activities of the 50 years of the Faculty of Technology of the University of Brasília and aims to share experiences, practices and research results on the implementation of Project Based Learning (PBL) and Active Learning in engineering courses in Brazil. The proceedings of this special edition will serve as a reference document on the implementation of PBL and Active Learning experiences in Engineering Institutions, presenting a perspective on the state of innovation in Engineering training in Brazil.

The event has the contribution of nine Brazilian Higher Education Institutions, among them: University of São Paulo (USP) - Lorena School of Engineering, Pontifical Catholic University of São Paulo (PUC-SP), Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) - Campus of Engineering of the Academic Unit Cabo de Santo Agostinho (UACSA), Mauá Institute of Technology (IMT), UNISAL Lorena, Fluminense Federal University (UFF) - School of Engineering of Petrópolis, University of Caxias do Sul, IDAAM and University of Brasília (UnB), where the event was held. Most of these cases have had, over the last 10 years, a strong link to the PBL models implemented, or the research carried out in this context, in the Industrial Engineering and Management Integrated Master (IEM-IM) of the Engineering School of the University of Minho (UMinho). For this reason, this special edition also has two contributions of works related to this course.

The PAEE symposium is organised by the PAEE Association (<http://paee.dps.uminho.pt/>) and the Department of Production and Systems of the University of Minho, Portugal, since 2009, and aims to join teachers, researchers and professionals concerned with Engineering Education. Since the beginning, the symposium main language is English, but accepts contributions in English, Portuguese and Spanish.

We would like to express our sincere gratitude to the participants that makes this event possible and for all the support that we had during this last year from different persons and organizations.

We hope you will enjoy the conference and the Proceedings,

André Luiz Aquere

João Mello da Silva

Rui M. Lima

(Chairs of the PAEE'2017)

## **PAEE'2017 Organization**

### **PAEE'2017 CHAIRS**

**André Luiz Aquere**, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil

**João Mello da Silva**, Department of Production Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil

**Rui M. Lima**, Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Portugal

### **PAEE'2017 ORGANISING COMMITTEE**

#### **Local Organizing Committee**

André Luiz Aquere, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil

João Mello da Silva, Department of Production Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil

Claisy M. Marinho-Araujo, Institute of Psychology, University of Brasília, Brazil

Mauro Luiz Rabelo, Department of Mathematics, University of Brasília, Brazil

Dianne Magalhães Viana, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil

#### **PAEE Organizing Committee**

Rui M. Lima, Department of Production and Systems - Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal

Anabela Alves, Department of Production and Systems - Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal

Diana Mesquita, Institute of Education / Dep. Production Systems - University of Minho, Braga, Portugal

Dinis Carvalho, Department of Production and Systems - Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal

Nélson Costa, Department of Production and Systems - Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal

Rui M. Sousa, Department of Production and Systems - Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal

Sandra Fernandes, Department of Psychology and Education, Portucalense University, Porto, Portugal

## PAEE'2017 SCIENTIFIC COMMITTEE

Scientific Committee	Affiliation
Adson Ferreira da Rocha	Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Afrânio Araújo	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Anabela Alves	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
André Fernando Uébe Mansur	Instituto Federal Fluminense e Universidade Federal Fluminense
André Luiz Aquere	Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Andromeda Menezes	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Ari Melo Mariano	Department of Production Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília
Celina Pinto Leão	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Claisy Marinho-Araújo	Institute of Psychology, University of Brasília (UnB), Brasília, Brazil
Claudia M. C. Gurjão	Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Clóvis Neumann	University of Brasília - UnB
Crediné Menezes	Universidade Federal do Espírito Santo
Diana Mesquita	Institute of Education / Dep. Production Systems, University of Minho, Braga, Portugal
Dianne M. Viana	Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Filomena Soares	Department of Industrial Electronics, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Jaime Salazar	Executive Secretary of ASIBEI, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Colombia
João Carlos Teatini	Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
João Mello da Silva	Production Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
José Aquiles Grimoni	Universidade de São Paulo (USP), Brazil
José Carlos Reston	Academic Director, IDAAM Higher Education Institution, Manaus, Brazil
José de Souza Rodrigues	Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP)
José Dinis-Carvalho	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Lamjed Bettaieb	Directeur ESPIRIT Ingénieur, Tunisia
Lílian Barros Pereira Campos	Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) - Campus de Itabira, Itabira, Brazil
Luiz Carlos de Campos	Faculty of Science and Technology, PUC São Paulo, Brazil
Marco Antonio Pereira	Escola de Engenharia de Lorena (EEL), Universidade de São Paulo (USP)
Marcos Ghislandi	Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Margarita E. Ramírez Carmona	Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia
Mauro Rabelo	Department of Mathematics, University of Brasília (UnB), Brasília
Michaël Canu	Universidad de Los Andes
Mladen Radisic	Industrial Engineering and Management Department, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
Moacyr Figueiredo	Department of Production Engineering, School of Engineering of Petropolis, Fluminense Federal University
Natascha van Hattum-Janssen	School of Creative Technology, Saxion University of Applied Sciences, Enschede, the Netherlands
Nelson Costa	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Octavio Mattasoglio Neto	Instituto Mauá de Tecnologia, Escola de Engenharia Mauá - São Caetano do Sul - SP - Brazil
R. M. Chandima Ratnayake	Department of Mechanical and Structural Eng. and Materials Science, University of Stavanger, Norway
Ricardo Fragelli	UnB Gama
Ronald Ulseth	Iron Range Engineering, USA
Rui M. Lima	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Rui M. Sousa	Department of Production and Systems, Engineering School, University of Minho, Guimarães, Portugal
Sandra Fernandes	Department of Psychology and Education, Portucalense University, Portugal
Simone B. Simão Monteiro	Department of Production Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília (UnB), Brasília, Brazil
Sonia Gomez Puente	Technical University of Eindhoven, The Netherlands
Stefan Grbenic	Institute of Business Economics and Industrial Sociology, Graz University of Technology, Austria
Stevan Stankovski	Industrial Engineering and Management Department, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
Valquiria Villas-Boas	Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Brazil
Yesid Vélez Salazar	Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

## PAEE'2017 Programme

**11 December 2017**

<b>8h30</b>	<b>Registration desk open</b>	
<b>9h00</b>	<b>Opening Cerimony</b>	<b>Auditorium</b>
<b>9h30</b>	<b>Rui M. Lima (PBL)</b>	<b>Auditorium</b>
	Universidade do Minho, Portugal	
<b>10h30</b>	<b>Coffee break</b>	
<b>11h00</b>	<b>Paper Session</b>	<b>Auditorium</b>
	<b>Rui Lima - Uminho</b> "Implementation of Industrial Engineering and Management Projects in Interaction with Companies"	
	<b>Marco Pereira - USP_EEL</b> "Form of application of specific project courses in an Industrial Engineering Program"	
	<b>Luis Carlos de Campos - PUC_SP</b> "The perceptions of Civil Engineering Programme Students at Pontifical Catholic University of Sao Paulo on Project Based Learning Approach"	
	<b>André Aquere - UnB</b> "Projects Laboratory: building a university through PBL"	
<b>12h30</b>	<b>Lunch</b>	
<b>14h00</b>	<b>Paper Session</b>	<b>Auditorium</b>
	<b>Marcos Ghislandi - UFRPE_UACSA</b> "Project-Based Learning: A Study of the Experiences Implemented at the Engineering Campus (UACSA) of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE)"	
	<b>Lucio Veraldo - UNISAL</b> "CDIO INITIATIVE in Brazil - the ways of UNISAL"	
	<b>António Cabral - MAUÁ</b> "The Inclusion of Project Based Learning in an Industrial Engineering Program"	
	<b>José Carlos Reston - IDAAM</b> "Aplicação do eduScrum na pós-graduação em engenharia industrial"	
<b>15h30</b>	<b>Coffee break</b>	
<b>16h00</b>	<b>Paper session</b>	<b>Auditorium</b>
	<b>Moacyr Figueiredo - UFF</b> "The Initial Model Application of the Project Based Learning Approach in Production Engineering"	
	<b>João Mello da Silva - UnB</b> "Sustainability and Bibliometry as main drivers of a PBL Approach in Engineering education"	
<b>16h30</b>	<b>Debate session</b>	<b>Auditorium</b>
<b>17h00</b>	<b>Closing</b>	

## PAEE'2017 Invited Speaker - Engineering Education Research

The event was launched with a lecture by Rui Lima entitled "An International Perspective on Research in Engineering Education" followed by the presentation of the articles.

## PAEE'2017 List of Authors

Author	Email	Country	Affiliation
Anabela C. Alves	anabela@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
André Luiz Aquere	andre@unb.br	Brazil	Universidade de Brasília
Antonio Carlos Dantas Cabral	acabral@maua.br	Brazil	Mauá Institute of Technology
Bárbara Cristina Oliveira de Campos	bcoc1980@gmail.com	Brazil	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
Celina P. Leão	cpl@dps.uminho.pt	Portugal	School of Engineering of University of Minho
Diana Mesquita	diana@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
Francisco Moreira	fmoreira@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
Francisco Xavier Sevegnani	francisco.sevegnani@gmail.com	Brazil	Pontifical Catholic University of Sao Paulo
José Dinis-Carvalho	dinis@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
José Fernando Dagnone Figueiredo	jfdf@hotmail.com	Brazil	UACSA-UFRPE
Lucio Garcia Veraldo Jr	lucio.veraldo@lo.unisal.br	Brazil	UNISAL Lorena
Luiz Carlos de Campos	lccampos@pucsp.br	Brazil	Pontifical Catholic University of Sao Paulo
Marcelo B. C. Leão	marcelo.leao@ufrpe.br	Brazil	UFRPE
Marcelo Marques Gomes	marcelo.gomes@maua.br	Brazil	Mauá Institute of Technology
Marco Pereira	marcopereira@usp.br	Brazil	USP - Escola de Engenharia de Lorena
Marcos Gomes Ghislandi	ghislandi@gmail.com	Brazil	UACSA - UFRPE
Marina Pazeti	marinapazeti@hotmail.com	Brazil	USP - Escola de Engenharia de Lorena
Moacyr A. D. Figueiredo	moacyrfigueiredo@gmail.com	Brazil	Federal Fluminense University
Octavio Mattasoglio Neto	omattasoglio@uol.com.br	Brazil	IMT - Escola de Engenharia Mauá
Octavio Mattasoglio Neto	omattasoglio@maua.br	Brazil	Mauá Institute of Technology
Rodrigo de Paiva Cirilo	rodrigocirilo@hotmail.com	Brazil	UACSA-UFRPE
Rogéria Maria Rodrigues da Silva	rodrigues102005@yahoo.com.br	Brazil	Universidade Federal Rural de Pernambuco
Rui M. Lima	rml@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
Rui Sousa	rms@dps.uminho.pt	Portugal	University of Minho
Sandra Fernandes	sandraf@uportu.pt	Portugal	Universidade Portucalense
Waydja Cybelli Cavalcanti Correia	waydja.correia@yahoo.com.br	Brazil	Universidade Federal Rural de Pernambuco



## PAEE'2017 Submissions

The PAEE'2017, the 9<sup>th</sup> International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, has one type of submissions in up to two languages (English and Portuguese):

- **Full Papers** for paper sessions, including standard research submissions, papers of PBL experiences describing implementation issues. These papers were presented in plenary session followed by debates between the participants.

All full paper submissions were double reviewed by the PAEE'2017 scientific committee, and in some cases add a third review. After notification of acceptance authors were invited to submit a final paper of 6 to 8 pages long in Microsoft Word format, using the available template. Accepted contributions were invited to make a presentation at the symposium.

The proceedings are published under the Guidelines on Open Access to Scientific Publications and Research Data in Horizon 2020 ([http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants\\_manual/hi/oa\\_pilot/h2020-hi-oa-pilot-guide\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/oa_pilot/h2020-hi-oa-pilot-guide_en.pdf)): "Open access to scientific publications refers to free of charge online access for any user." The authors retain the copyright of their work.

### Publication Ethics and Malpractice Statement

The International Symposium on Project Approaches in Engineering Education – PAEE, is being organized by the Department of Production and Systems Engineering, University of Minho, since 2009, aiming to join teachers, researchers on Engineering Education, deans of Engineering Schools and professionals concerned with Engineering Education, to enhance Project Approaches in Engineering Education through workshops and discussion of current practice and research.

The PAEE editorial board is committed to preventing publication malpractice, does not accept any kind of unethical behaviour, and does not tolerate any kind of plagiarism. Authors, editors, and reviewers of PAEE are to be committed with good practice of publications and accept to fulfil the duties and responsibilities as set by the COPE Code of Conduct (<http://publicationethics.org/resources/code-conduct>). Based on these, PAEE expects authors, editors and reviewers to be committed to the following general guidelines:

- Editors take decisions on the acceptance of papers, and compose and evaluate the proceedings quality.
- Ensure that all published papers have been fairly reviewed by suitably qualified reviewers.
- Expect original submissions from the authors, and discourage misconduct.
- Expect that authors are responsible for language quality.
- Expect that the authors adequately reference the sources of their work.
- Ensure confidentiality of submissions and reviews.
- Reviewers do a fair and detailed review of paper(s) assigned to them.

## PAEE'2017 LIST OF SUBMISSIONS

<b>PAEE'2017 List of Submissions.....</b>	<b>2</b>
<b>PAEE'2017 Full Papers Submissions .....</b>	<b>3</b>
Application of specific project courses in an Industrial Engineering Program .....	4
Aplicação de disciplinas específicas de Projeto num Curso de Engenharia de Produção .....	5
Marco A. C. Pereira <sup>1</sup> , Marina Pazeti <sup>1</sup> .....	5
The perceptions of Civil Engineering Programme Students at Pontifical Catholic University of Sao Paulo on Project Based Learning Approach.....	13
Luiz Carlos de Campos <sup>1</sup> , Bárbara Cristina Oliveira de Campos <sup>2</sup> , Francisco Xavier Sevegnani <sup>3</sup> .....	13
The Inclusion of Project Based Learning in an Industrial Engineering Program.....	19
A Inclusão de Aprendizagem por Projetos num Curso de Engenharia de Produção.....	20
Antonio Carlos Dantas Cabral <sup>1</sup> , Octavio Mattasoglio Neto <sup>2</sup> , Marcelo Marques Gomes <sup>1</sup> .....	20
Project-Based Learning: A Study of the Experiences Implemented at the Engineering Campus of the Federal Rural University of Pernambuco.....	29
Aprendizagem Baseada em Projetos: Um Estudo das Experiências Implementadas no Campus das Engenharias da Universidade Federal Rural de Pernambuco .....	30
Marcos G. Ghislandi <sup>1</sup> , Rogéria Maria Rodrigues da Silva <sup>2</sup> , Waydja C. Correia <sup>2</sup> , Rodrigo de Paiva Cirilo <sup>1</sup> , José Fernando Dagnone Figueiredo <sup>1</sup> .....	30
PBL in the first year of an Industrial Engineering and Management program: a journey of continuous improvement.....	44
Anabela C. Alves <sup>1</sup> , Francisco Moreira <sup>1</sup> , Sandra Fernandes <sup>2</sup> , Celina P. Leão <sup>1</sup> , Rui Sousa <sup>1</sup> .....	44
Implementation of Industrial Engineering and Management Projects in Interaction with Companies .....	52
Implementação de Projetos de Engenharia e Gestão Industrial em Interação com Empresas .....	53
Rui M. Lima <sup>1</sup> , Dinis Carvalho <sup>1</sup> , Rui M. Sousa <sup>1</sup> , Diana Mesquita <sup>2</sup> .....	53
CDIO Initiative in Brazil - the ways of UNISAL .....	62
Iniciativa CDIO no Brasil – os caminhos do UNISAL.....	63
Lucio Garcia Veraldo Jr <sup>1</sup> .....	63
Projects Laboratory: building a university through PBL .....	72
Laboratório de Projetos: construindo uma universidade via PBL .....	73
André Luiz Aquere <sup>1</sup> .....	73
The initial model of the application of PBL in Industrial Engineering .....	82
Moacyr A. D. Figueiredo <sup>1</sup> , Anibal A. V. Ignacio <sup>2</sup> , Marcelle de Sá Guimarães <sup>3</sup> .....	82

## **PAEE'2017 FULL PAPERS SUBMISSIONS**

Submissions accepted for the PAEE'2017 papers sessions in English or Portuguese.

# Application of specific project courses in an Industrial Engineering Program

Marco A. C. Pereira<sup>1</sup>, Marina Pazeti<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Department of Chemical Engineering, School of Engineering of Lorena, University of Sao Paulo, Lorena, Brazil

Email: [marcopereira@usp.br](mailto:marcopereira@usp.br); [marinapazeti@hotmail.com](mailto:marinapazeti@hotmail.com)

## Abstract

Industrial Engineering Program from School of Engineering of Lorena was implemented in 2012. Project-Based Learning (PBL) was introduced in 2013, in a project-based course for freshmen students, during their first semester, similar to the model used at University of Minho (Portugal). From 2015, after 2 years of successful experience with said model, three specific project courses were created: Integrated Project in Industrial Engineering I (IPIE I, during the first semester), Integrated Project in Industrial Engineering II (IPIE II, during the fourth semester) and Integrated Project in Industrial Engineering III (IPIE III, during the seventh semester), each one with different objectives. This paper describes the application of PBL in each one of these courses.

**Keywords:** Project-Based Learning, Engineering Education, Project Courses

# Aplicação de disciplinas específicas de Projeto num Curso de Engenharia de Produção

Marco A. C. Pereira<sup>1</sup>, Marina Pazeti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, Brasil

Email: [marcopereira@usp.br](mailto:marcopereira@usp.br); [marinapazeti@hotmail.com](mailto:marinapazeti@hotmail.com)

## Abstract

O curso de Engenharia de Produção da EEL-USP foi implantado em 2012. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) foi introduzida em 2013, numa disciplina de Projeto para os alunos ingressantes, no primeiro semestre do curso, num modelo similar ao da Universidade do Minho (Portugal). A partir de 2015, após a bem-sucedida experiência dos 2 anos anteriores, o curso passou a ter três disciplinas específicas de projeto: Projeto Integrado de Engenharia de Produção I (PIEP I no primeiro semestre), Projeto Integrado de Engenharia de Produção II (PIEP II no quarto semestre) e Projeto Integrado de Engenharia de Produção III (PIEP III no sétimo semestre), cada uma delas com objetivos diferentes. Esse artigo descreve a forma de aplicação com o qual a ABP vem sendo utilizada nestas três disciplinas específicas de projeto.

**Keywords:** Aprendizagem Baseada em Projetos; Educação em Engenharia; Disciplinas de Projetos

## 1 Introdução

Vivemos uma época de revolução, trazido pelos significativos avanços de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) nas últimas décadas. O impacto dessa revolução sobre processos produtivos está apenas no início. Conceito como Indústria 4.0 que até uma década atrás era embrionário, hoje começa a se solidificar. Qual o impacto disso na Educação? O Fórum Econômico Mundial visando contribuir com essa temática propõe uma análise sobre o futuro dos empregos (World Economic Forum, 2016). Uma resposta precisa sobre o impacto da indústria 4.0 na educação ainda não é possível de ser dada, mas ele não parece ser desprezível. Por outro lado, uma coisa é certa: não se pode mais continuar formando engenheiros através dos métodos tradicionais de ensino. Métodos estes focados na transmissão do conhecimento por parte dos professores, que faziam sentido quando o acesso à informação era difícil. Todos os avanços de TIC nestas últimas décadas, em particular com o advento da Internet, fazem com que o acesso fácil, aberto e gratuito aos mais diversos cursos e materiais esteja disponível para qualquer um em qualquer lugar (Almeida; Valente, 2012).

Para Giordani e Candido (2015), os cursos de engenharia no século XXI possuem um duplo desafio: (i) lidar com a alta velocidade das mudanças tecnológicas e, simultaneamente, (ii) formar engenheiros com habilidades, tais como, capacidade de trabalho em equipe, liderança, comunicação; habilidades estas chamadas de competências transversais. Para estes autores, os métodos tradicionais de ensino não atendem mais as necessidades da formação de profissionais do século XXI. É preciso mudar a educação de engenharia.

A UNESCO (2010) aponta caminhos para a formação de engenheiros, nos tempos atuais, ao propor "*transformar a educação de engenharia, currículos e os métodos de ensino para enfatizar a relevância e uma abordagem de resolução de problemas para engenharia*". Neste mesmo documento, a UNESCO (2010) ressalta que currículos de engenharia devem ser baseados em atividades relevantes para os alunos, dentre as quais destaca o aprendizado através de projetos e problemas, relacionados com a vida real.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) consiste num conjunto de princípios que, na prática, promovem um ambiente de aprendizagem ativa através da realização de projetos baseados em problemas reais, com o objetivo de desenvolver competências técnicas e transversais nos alunos (Echavarria, 2010). A ABP coloca os alunos diante de problemas tangíveis para serem resolvidos em alguns meses e que exigem conhecimentos técnicos para sua solução, que as vezes, os alunos irão buscar em diversas fontes disponíveis (Lehmann *et al.*, 2008; English & Kitsantas, 2013). Para cursos de engenharia, a ABP é considerada uma das mais eficientes formas de agregar valor para o aprendizado dos alunos e é reconhecida como uma forma eficaz de preparar

os alunos para a carreira profissional (Jollands & Molyneaux, 2012). E em função disso, a sua utilização na formação de engenheiros, vem crescendo, em função do impacto positivo na aprendizagem e no engajamento dos alunos (Powell & Weenk, 2003; Edström & Kolmos, 2014).

A ABP foi implantada no curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP) em 2013. Este trabalho descreve a forma de aplicação com o qual a ABP vem sendo utilizada por intermédio de três disciplinas específicas de projeto.

## 2 Contexto do Estudo

O curso de Engenharia de Produção da EEL-USP foi implantado em 2012. Desde então, todo ano, o curso recebe 40 novos alunos. Durante o ano de 2012, a coordenação do curso visitou escolas nos Estados Unidos, Portugal e Brasil. Nas universidades norte-americanas visitadas (*Massachusetts Institute of Technology e University of Harvard*) o aprendizado foi sobre a formação de engenheiros a partir da resolução de problemas reais em empresas utilizando metodologias ativas de aprendizagem. Na Universidade do Minho, o aprendizado foi sobre a aplicação de ABP para ingressantes do curso de Engenharia e Gestão Industrial (Mesquita *et al.*, 2009). E na Universidade de Brasília, o aprendizado foi sobre a aplicação de ABP no curso de Engenharia de Produção em disciplinas específicas de projeto do quarto ao décimo semestre do curso (Lima *et al.*, 2012). No final do ano de 2012, a Coordenação do Curso decidiu implantar ABP para a turma de ingressantes de 2013, num formato similar ao utilizado na Universidade do Minho. Nos anos de 2013 e 2014, a ABP foi aplicada na disciplina de “Introdução a Engenharia de Produção”. A partir da experiência bem-sucedida destes dois anos, o curso, a partir de 2015, passou a ter três disciplinas específicas de projeto: Projeto Integrado de Engenharia de Produção I (primeiro semestre), Projeto Integrado de Engenharia de Produção II (quarto semestre) e Projeto Integrado de Engenharia de Produção III (sétimo semestre).

Ao longo destes anos, muitas foram as lições aprendidas, ano a ano, pois ao final de cada turma em cada uma das três disciplinas, uma avaliação de vários aspectos tem sido realizada, junto com os diversos stakeholders envolvidos (alunos, professores, tutores, monitores e clientes externos). Isso vem permitindo o aprimoramento da aplicação de cada uma das disciplinas, pois cada vez que uma turma se encerra, seus resultados são analisados, melhorias são planejadas, e na turma seguinte, são implementadas e, depois, são novamente analisadas, numa permanente busca de melhoria contínua, num ciclo similar ao de uma pesquisa ação. Portanto, a mais importante lição aprendida, desde a aplicação da primeira turma de projeto em 2013, é a importância desta análise, turma por turma, ano a ano. Pereira, Barreto e Pazeti (2017) descrevem o aprendizado ocorrido com PIEP-I nas quatro primeiras turmas dessa disciplina entre 2013 e 2016. Muitas outras análises foram feitas e foram apresentadas no: (i) - COBENGE: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Santos, Bortoti & Pereira, 2013; Watanabe, Barreto, Grilo e Pereira, 2016); (ii) - ENEGEP: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Pereira, Silva, Pazeti e Claro, 2017); (iii) - PAEE: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education* (Bortoti & Pereira, 2014; Pazeti & Pereira, 2015; Pereira & Barreto, 2016); (iv) - no SEFI: *Conference of Europe Society of Engineering Education* (Santos, Bortoti & Pereira, 2014); e (v) - EUROMA: *Conference of European Operations Management Association* (Pereira, Pazeti & Suzuki, 2015).

Informações gerais e específicas sobre cada uma das três disciplinas serão detalhadas a seguir. Essas informações referem-se a forma de aplicação das três disciplinas de projeto no ano de 2017. Um ponto em comum entre as três disciplinas é que em todas elas um grupo fechado no Facebook é montado pelo professor da disciplina, e este é o principal canal de comunicação durante o semestre com os alunos matriculados numa turma. Todos os relatórios entregues pelas equipes de projeto, bem como atas de reuniões, são entregues neste grupo do Facebook.

## 3 Projeto Integrado de Engenharia de Produção I (PIEP I)

O objetivo de PIEP I é colocar alunos ingressantes no curso em um projeto interdisciplinar de Engenharia, que se relacione com as demais disciplinas do primeiro semestre: Cálculo I; Química I. Química Experimental I, Leitura e Produção de Textos Acadêmicos e Introdução a Engenharia de Produção.

O tema do projeto deve ser algo desafiador e motivador para os alunos, mas amplo, a fim de permitir que sejam propostas distintas soluções. Em 2013, o tema foi "Sustentabilidade de um campus universitário"; em 2014, "Produção de Biocombustíveis"; em 2015, "Produção de água potável, a partir de fontes não convencionais"; em 2016, "Aquecimento Global"; e em 2017, "Produção de Energia Limpa".

A montagem das equipes é feita pelo professor, que separa os alunos ingressantes em dois grupos: (i) os que estão iniciando um curso de engenharia pela primeira vez, e (ii) os que já cursaram alguns anos de engenharia em outros cursos. Em seguida, os alunos são distribuídos, aleatoriamente, em equipes de 5 ou 6 membros.

Cada equipe tem um tutor, um aluno veterano do curso que já cursou PIEP-I e que atua de forma voluntária. Este tutor é escolhido mediante um processo seletivo e, após sua aprovação, ele recebe um manual do tutor, que visa orientar quanto as suas responsabilidades. O aluno tutor não precisa ter conhecimento técnico do problema, pois sua principal função é motivar a equipe na busca de uma solução e facilitar o contato com professores que poderão ajudar na solução técnica que está sendo buscada. O cronograma dessa disciplina possui atividades em sala de aula durante 15 semanas.

### 3.1 Desenvolvimento das atividades durante o semestre

Na primeira aula é feita a apresentação do projeto para os alunos. Um Guia de Projeto (cerca de 15 páginas) é entregue para cada um. Os principais pontos deste Guia são explicados pelo professor da disciplina. O tema do projeto é apresentado através de uma explanação oral de cerca de 20 minutos. Em seguida, as equipes são montadas e cada uma delas escolhe seu líder (responsável por conduzir o grupo) e secretário (responsável por elaborar as atas de reunião). Ao final desta aula, as equipes são informadas que durante a semana devem se reunir para definir o projeto que executarão ao longo do semestre e que na próxima aula deverão fazer uma apresentação oral sobre isso. Na aula seguinte, cada equipe apresenta o seu Projeto Conceitual, que trata do tema específico que irá desenvolver durante o semestre e recebe *feedback* do professor e dos alunos monitores.

Na terceira aula, é feita uma apresentação sobre a importância do planejamento em projetos, através de noções básicas de gestão de projetos baseado em alguns processos gerenciais do PMBoK: Termo de abertura do projeto (*Project Charter*), Escopo de Projeto, Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e Cronograma.

Na quarta aula, cada uma das equipes entrega o Planejamento do Projeto e três ou quatro das equipes fazem uma apresentação oral e recebem um *feedback*. Na segunda metade desta aula, é feita uma dinâmica com ênfase nas dificuldades encontradas na execução de um projeto.

O tema da quinta aula é trabalho em equipe. Essa aula é ministrada pela professora de psicologia da faculdade através de explanação oral e de dinâmicas. Nessa aula, cada equipe entrega o seu Projeto de Pesquisa, que consiste no detalhamento básico do projeto (máximo de 5 páginas). Esse relatório deve ser idêntico ao que será entregue na disciplina de Leitura e Interpretação de Textos Acadêmicos. Na aula seguinte, cada uma das equipes faz uma apresentação oral de 4 a 5 minutos do Projeto de Pesquisa para uma banca de dois ou três professores convidados e recebe *feedback* deles.

O tema da sétima aula é viabilidade econômica e financeira. Essa aula é ministrada por um dos professores da área de gestão econômica do curso de Engenharia de Produção. Nessa mesma aula, ao seu final, por cerca de 20 minutos, é aplicado pela primeira vez o "Questionário de Avaliação do Projeto".

Dois temas são apresentados por alunos veteranos na primeira parte da oitava aula: (i) Como elaborar uma ata de reunião e (ii) Como fazer boas apresentações. Na segunda parte, as equipes respondem ao "Questionário de Análise do Desenvolvimento da Disciplina". Em seguida, cada uma das equipes realiza a troca do seu líder e do seu secretário que haviam sido escolhidos na primeira aula. Nesta reunião, os tutores participam a fim de auxiliar as equipes no processo de avaliação da disciplina, bem como na troca dos líderes e secretários.

O tema da nona aula é pesquisa de base de dados científicos. Essa aula é ministrada por um aluno veterano que já realizou iniciação científica. Nesta aula, cada uma das equipes, faz a entrega do Relatório Preliminar (máximo de 15 páginas) que deve conter o projeto já de uma forma estruturada. Na décima aula é feita a apresentação oral do Relatório Preliminar. Cada uma das equipes tem 4 minutos para fazer a apresentação oral para uma banca de três ou quatro professores. E em seguida, um *feedback* é dado pelos professores.

Na décima primeira aula, uma nova apresentação oral do projeto para professores de Matemática, com foco na integração entre Cálculo I e o projeto. O objetivo é que as equipes apresentem como os conceitos de Cálculo I estão sendo aplicados no projeto, uma vez que esta é a disciplina de maior índice de reprovação dos ingressantes de todos os cursos de engenharia da faculdade.

O tema da décima segunda aula é liderança. Essa aula é ministrada pela professora de psicologia da escola. O objetivo é evidenciar para os alunos que durante toda sua vida em alguns momentos eles serão líderes, mas em outros, serão liderados, sendo assim é importante saber como atuar como líder ou liderado numa equipe.

Na décima terceira aula é feita uma apresentação aos alunos sobre o curso de Engenharia de Produção para que eles possam ter uma visão sistêmica do mesmo e entender a importância de disciplinas de projeto para sua formação profissional e desenvolvimento de competências transversais. Na segunda metade da aula, é aplicada uma dinâmica que visa ressaltar a importância de projetos na vida de um engenheiro.

Na décima quarta, cinco ou seis alunos veteranos dos últimos anos do curso, que já estão engajados no mercado de trabalho, como estagiários, apresentam um depoimento sobre a sua trajetória no curso, bem como os aprendizados e dificuldades que tiveram. Esse tem sido um momento impactante, pois são depoimentos motivadores para a vida pessoal e profissional dos alunos ingressantes. Nessa aula é feita a entrega do Relatório Final. Nos últimos 20 minutos, é feita a segunda aplicação do "Questionário de Avaliação do Projeto".

A décima quinta e última aula do curso ocorre ao longo de todo um dia. Na parte da manhã, cada uma das equipes faz uma apresentação dos protótipos para professores convidados. No início da parte da tarde, os alunos respondem, individualmente, dois questionários: "Questionário de avaliação dos tutores" e "Questionário de Avaliação Peer". E em seguida, cada uma das equipes faz a apresentação oral de seu projeto, em até 15 minutos, e recebe *feedback* de uma banca de dois professores, em até 15 minutos.

### 3.2 Forma de Avaliação dos Alunos

A nota final atribuída a cada equipe é função de cinco fatores cada um deles com peso de 20%. (i) o Projeto de Pesquisa, que é avaliado pelo professor de Leitura e Produção de Textos Acadêmicos e pelo professor da disciplina; (ii) o Relatório Preliminar, que é avaliado pelos professores das disciplinas integradoras do projeto; (iii) a forma com a qual a equipe trabalhou durante o desenvolvimento do projeto, fator esse que é avaliado numa reunião conjunta entre a coordenação da disciplina e os tutores; (iv) o protótipo, apresentado na última aula, que é avaliado por dois professores convidados que atuam na área do tema do projeto; e (v) o Relatório Final que é avaliado por professores das disciplinas integradoras do projeto

A nota individual de cada um dos alunos pode ser diferente da nota da equipe, pois passa por um fator de correção, obtido a partir da aplicação do "Questionário de Avaliação Peer" respondido, individualmente por cada um dos alunos na última aula do semestre. O objetivo é que cada um dos alunos de uma equipe faça uma auto avaliação e avalie seus colegas sobre o grau de contribuição dado para o projeto. O modelo adotado é o que é usado por Eric Mazur na Universidade de Harvard (Crouch & Mazur, 2001).

### 3.3 Forma de Avaliação da Disciplina

Cinco são os instrumentos usados pela Coordenação do curso para avaliar a disciplina e vários de seus aspectos ao final de cada semestre, visando aprimorar a aplicação da disciplina num próximo ano. O "Questionário de Avaliação do Projeto" é um questionário fechado respondido individualmente pelos alunos em dois momentos. Este questionário contém 27 perguntas e utiliza escala Likert de 1 a 5, na qual 1 significa "discordo totalmente" e 5 significa "concordo totalmente". Seu objetivo é avaliar oito dimensões: (i) Aprendizagem baseada em Projetos; (ii) trabalho em equipe; (iii) desenvolvimento pessoal, (iv) habilidades de comunicação, (v) gerenciamento de projetos, (vi) a percepção dos alunos sobre a relação das disciplinas integradoras com o projeto, (vii) o tutor; e (viii) os líderes. O "Questionário de Análise do Desenvolvimento da Disciplina" é um questionário respondido por cada equipe a fim de avaliar o andamento do projeto na primeira metade do semestre. Este questionário tem oito perguntas abertas relacionadas aos seguintes temas: quantidade e produtividade das reuniões da equipe; definição de papéis dentro da equipe; divisão de tarefas; dificuldades percebidas e sugestões de melhorias. As respostas devem ser dadas por escrito e enviadas para o professor da disciplina. O "Questionário sobre o desenvolvimento de competências transversais" é fechado, usando a



escala Likert, e é respondido pelos tutores na semana anterior à última aula do semestre. O objetivo é avaliar a percepção dos tutores sobre o desenvolvimento de competências transversais. Além disso, este questionário orienta os tutores na avaliação do fator denominado de “processo” no qual é analisado o desempenho da equipe ao longo do semestre. Neste questionário, tem uma opção extra para cada pergunta: “Não posso avaliar”. Uma “Entrevista semi-estruturada” é realizada com cada um dos tutores na semana anterior à última aula do semestre pelos alunos monitores. O objetivo é avaliar o processo de tutoria na visão dos tutores. Trata-se de uma entrevista com quatro questões relacionadas com a motivação inicial que o levou a tutor voluntário, se houve ganhos no processo, quais foram as dificuldades enfrentadas e sugestões para os próximos tutores. O “Questionário de avaliação dos tutores” é respondido individualmente por cada um dos alunos na última aula do curso. Este questionário possui sete perguntas fechadas usando escala Likert. E possui uma questão extra, aberta, na qual se pede aos alunos que façam sugestões sobre o perfil de um tutor.

## 4 Projeto Integrado de Engenharia de Produção II (PIEP II)

O objetivo de PIEP II é colocar o aluno para trabalhar em projetos específicos relacionados a problemas reais propostos por empresas de pequeno e médio porte da região ou pela própria universidade.

Os projetos são prospectados pelo professor da disciplina antes do semestre letivo começar. Ele visita as empresas e pede que elaborem um Termo de Abertura do Projeto. Se necessário, o professor se reúne com as empresas para alinhar o projeto ao nível dos alunos e ao tempo que eles terão para realizar o projeto (4 meses). Ao longo destes três anos, de 2015 a 2017, 24 projetos foram realizados abrangendo a seguintes áreas da Engenharia de Produção: Gestão Ambiental, Gestão da Manutenção, Gestão da Qualidade, Gestão da Tecnologia de Informação, Gestão de Processos Administrativos (Lean Office), Gestão de Processos Produtivos (Lean Manufacturing), Gestão de Serviços, Logística, Organização do Trabalho na Produção e Pesquisa Operacional.

A turma é dividida em equipes de 4 a 6 membros, em função da especificação de cada projeto. Na primeira aula do semestre, os projetos são apresentados aos alunos. Cada aluno classifica, por ordem de preferência, quatro projetos no qual gostaria de trabalhar, da primeira até a quarta opção. Um processo de seleção é feito a partir de critérios apresentados para os alunos. Cerca de 60% dos alunos de uma turma, trabalham em projetos que foram sua primeira opção. Cerca de 30% atuam em um dos projetos que escolheram entre a segunda e a quarta opção. Para os demais 10%, o professor da disciplina os designa para equipes que ainda tem vagas a serem preenchidas

Cada uma das equipes tem dois tutores: um da Escola, outro da empresa. A empresa indica no Termo de Abertura do Projeto o responsável por ela designado para ser o seu tutor no projeto. A Coordenação da disciplina indica, por parte da escola, um tutor. Nos projetos que envolvem temas de gestão ou tratam de melhorias de processos o professor da disciplina tem atuado como tutor. Mas, nos projetos que exigem especificidade de conhecimento de alguma área da engenharia da produção, o tutor tem sido algum outro professor da escola ou um profissional externo com *expertise* na área do projeto, que uma vez convidado, aceita atuar como tutor. O cronograma dessa disciplina possui atividades em sala de aula durante 10 semanas. As principais atividades da disciplina são conduzidas por um professor e um aluno monitor.

### 4.1 Desenvolvimento das atividades durante o semestre

Na primeira aula, o professor apresenta os projetos e explica sobre questões práticas de projetos com clientes externos, tais como: profissionalismo, confidencialidade e traje, dentre outros assuntos. Em seguida as equipes são montadas. Na semana seguinte, todas as equipes fazem a sua primeira visita às empresas, visitas essas que ocorrerão, periodicamente, entre a terceira e a décima quarta semana de aula. Em todos os projetos, o compromisso de cada equipe é de fazer pelo menos uma visita semanal a empresa. Em alguns projetos, durante o primeiro mês, algumas equipes chegam a fazer duas visitas por semana para que possam rapidamente compreender o problema que lhes é proposto.

Na terceira aula, os alunos recebem noções básicas de gerenciamento de projeto baseado no modelo A3 da Toyota. E na aula seguinte, fazem a entrega do Relatório Parcial 1, que consiste na primeira versão do A3 do projeto. Nesta aula, os alunos recebem os primeiros conceitos sobre Design Thinking (Brown, 2010). Na quinta aula, cada equipe faz a apresentação oral do Relatório Parcial 1 em sala de aula e recebem um *feedback* dado por uma outra

equipe que foi escalada previamente para fazer isso. Na sexta e sétima aulas, os alunos são apresentados as cinco principais etapas de Design Thinking e realizam dinâmicas envolvendo algumas dessas etapas. Essa são as últimas aulas com conteúdo teórico para os alunos.

Na metade do semestre, os alunos fazem a entrega do Relatório Parcial 2, no qual descrevem o que já foi realizado como diagnóstico e quais são as propostas que estão começando a analisar com os clientes. Na semana seguinte, cada equipe faz a apresentação oral em sala de aula e recebem um *feedback* dado por uma outra equipe escalada previamente para fazer isso e, se necessário, também do professor. Na semana seguinte, uma nova apresentação oral é feita, mas agora para o cliente na empresa, no qual apresenta o que foi feito até ali no projeto, bem como a proposta de trabalho para os dois últimos meses. E se necessário, realiza um realinhamento do projeto.

Decorridos 90 dias do início do projeto, as equipes fazem a entrega do Relatório Parcial 3, relatório que contém cerca de 70-80% do conteúdo do relatório final. Na semana seguinte, cada equipe faz a apresentação oral deste relatório em sala de aula e recebe um *feedback* dado pelo professor com fins a elaboração do Relatório Final.

Uma última aula presencial em sala de aula com todos os alunos ocorre na décima terceira ou na décima quarta semana de aula. Nesse encontro, os alunos se reúnem respondem a três questionários: o "Questionário de Avaliação da Disciplina", o "Questionário de Avaliação do Projeto" e o "Questionário de Avaliação Peer".

A última atividade da disciplina ocorre na empresa do cliente e consiste na entrega do relatório final para o cliente e da realização de uma apresentação oral sobre as propostas e contribuições que a equipe deixa para a empresa.

## 4.2 Forma de Avaliação dos Alunos

A nota da equipe é obtida a partir de avaliação feita pelo professor da disciplina (80%) e pelo cliente (20%). Esta avaliação é dividida em 5 fatores conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Forma de Avaliação de PIEP II

FATORES DE AVALIAÇÃO	PESO	FORMA DE AVALIAÇÃO	AVALIADOR
Relatório parcial 1	10%	Conteúdo	Professor da disciplina
Relatório parcial 2	20%	Conteúdo e Formatação	Professor da disciplina
Relatório parcial 3	20%	Conteúdo e Formatação	Professor da disciplina
Relatório final	30%	Conteúdo e Formatação	Professor da disciplina
Performance da equipe	20%	Questionário	Cliente

A média final individual de cada um dos alunos é obtida a partir de um fator de ajuste individual relacionado com a efetiva contribuição de cada um dos integrantes da equipe no projeto, através da mesma ferramenta usada em PIEP-I. A diferença é que em PIEP II esta avaliação é feita em conjunto uma reunião entre todos os integrantes da equipe. O resultado desta avaliação torna-se um fator de ajuste na nota final individual de cada aluno.

## 4.3 Forma de Avaliação da Disciplina

Três são os instrumentos utilizados, sendo dois deles preenchido pelos alunos e um pela empresa. O "Questionário de Avaliação da Disciplina" é um questionário fechado com 14 questões respondidas individualmente por cada um dos alunos no último encontro presencial em sala de aula, na semana que antecede a apresentação final para o cliente na empresa. Utiliza-se a escala Likert, conforme citado em 3.3. Estas questões estão distribuídas em quatro dimensões: (i) Aprendizagem baseada em Projetos (ABP); (ii) Trabalho em equipe; (iii) Desenvolvimento pessoal; e (iv) Gestão de projetos. No final do questionário, há um espaço para os alunos apresentarem sugestões e/ou críticas à disciplina. O "Questionário de Avaliação do Projeto" é um questionário aberto que é respondido pela equipe em reunião, e as respostas são entregues por escrito para o professor. As questões abordam a forma de evolução da disciplina durante o semestre, do tema do projeto em si e das facilidades e/ou dificuldades vivenciadas durante a realização do projeto, seja na faculdade seja na empresa. O "Questionário de Satisfação do Cliente" é um questionário fechado com 6 questões e é respondido pelo tutor na empresa na última atividade realizada na empresa. No final do questionário, há um espaço para o cliente apresentar sugestões e/ou críticas.

## 5 Projeto Integrado de Engenharia de Produção III (PIEP III)

O objetivo de PIEP III é propor um desafio mais complexo do que o de PIEP II, levando os alunos a sair completamente do âmbito universitário e a trabalhar com problemas robustos em empresas de pequeno/médio porte da região. Nessa disciplina, os alunos vão utilizar conceitos de gestão e engenharia de produção já aprendidos no curso, bem como outros conhecimentos que precisarão aprender. O processo de aprendizado dos alunos é similar ao de PIEP II. O que muda é a complexidade do projeto. Os alunos são divididos em equipes, cuja montagem segue os mesmos procedimentos de PIEP II.

A prospecção dos projetos é similar à de PIEP II, sendo que o ponto mais emblemático, do ponto de vista da aprendizagem a ser obtida, é a análise prévia dos projetos propostos pelas empresas para que sejam mais complexos do que os PIEP II, mas num nível técnico que permita que alunos do quarto ano do curso possam realizar em um semestre letivo. Ao longo destes três anos, de 2015 a 2017, 20 projetos foram realizados, abrangendo a seguintes áreas da Engenharia de Produção: Gestão da Manutenção, Gestão da Qualidade (Padronização), Gestão de Compras, Gestão de Custos, Gestão de Estoque, Gestão de Pessoas, Gestão de Processos Produtivos (Lean Manufacturing, Logística e Pesquisa Operacional). Cada equipe tem dois tutores: um da Escola, outro da empresa, similar ao que ocorre em PIEP II.

O semestre letivo tem 15 semanas. Os alunos têm somente 5 aulas presenciais obrigatórias. As principais fases do projeto são similares as de PIEP II, exceto que os alunos já não têm mais conteúdo sobre gerenciamento de projetos e apenas prática, uma vez que os alunos já viram e vivenciaram em PIEP II. Na primeira aula, o professor apresenta os projetos e as equipes são montadas. Na segunda semana de aula, todas as equipes fazem a sua primeira visita às empresas, visitas essas que ocorrerão, periodicamente, entre a terceira e a décima quarta semana de aula, de forma similar ao que ocorre em PIEP II. Na quarta aula, os alunos fazem a entrega do Relatório Parcial 1, que consiste na primeira versão do A3 do projeto. Na aula seguinte, cada equipe faz a apresentação oral deste relatório, em sala de aula, e recebem *feedback* dado pelo professor da disciplina e por professores convidados. Na metade do semestre, os alunos fazem a entrega do Relatório Parcial 2, similar ao que ocorre em PIEP II. Na semana seguinte, cada equipe faz a apresentação oral deste Relatório em sala de aula e recebem um *feedback* dado pelo professor da disciplina e por professores convidados. Na próxima semana, as equipes fazem uma apresentação oral para o cliente na sua empresa, com a presença do professor, na qual apresentam o que já havia sido feito no projeto, bem como a proposta de trabalho para os dois últimos meses. E se necessário, é feito um realinhamento do projeto. Decorridos 90 dias do início do projeto, as equipes fazem a entrega do Relatório Parcial 3, similar ao que ocorre em PIEP II. Na semana seguinte, cada equipe faz a apresentação oral em sala de aula e recebe um *feedback* dado pelo professor com fins a elaboração do Relatório Final. Assim como em PIEP II, um último encontro em sala de aula com todos os alunos ocorre nas duas últimas semanas que antecede a entrega final do projeto. Nesse encontro, os alunos se reúnem respondem aos mesmos três questionários que já responderam em PIEP II: o "Questionário de Avaliação da Disciplina", o "Questionário de Avaliação do Projeto" e o "Questionário de Avaliação Peer". A forma de avaliação dos alunos é idêntica a realizada em PIEP II, sendo a média final individual de cada aluno obtida a partir de um fator de ajuste individual apurado da mesma forma que em PIEP II. A forma de avaliação da disciplina é idêntica a realizada em PIEP II, com os mesmos três questionários.

## 6 Conclusões

O presente artigo apresentou o modelo de três disciplinas de projetos ministradas na EEL-USP. E detalhou de uma forma geral como cada uma delas é realizada. Estas três disciplinas têm características distintas, sendo que PIEP I se diferencia muito das outras duas. Por outro lado, a dinâmica de realização de PIEP II é similar a PIEP III, diferenciando apenas quanto a complexidade do projeto.

A realização destas três disciplinas "puras" de projeto tem trazido valiosas contribuições para o curso de Engenharia de Produção da EEL-USP, em função do envolvimento dos alunos, principalmente nos projetos externos (PIEP-II e PIEP-III), o que tem levado outros professores do curso a desenvolver projetos em suas disciplinas. Importante destacar que essa prática da realização de projetos em empresas, tem feito com que ao final de cada ciclo de PIEP-II (ou PIEP-III), elas (empresas) já sugerem temas para os próximos semestres.

## 7 Referências

- Almeida, M. E. B.; Valente, J. A. (2012) Integração currículo e tecnologias e a produção de narrativas digitais. *Currículo sem fronteiras*, 12(3). 57-82.
- Bortoti, M.; Pereira, M. A. C. (2014) Estudo de Caso: Efeito da mudança do Líder em um Projeto de Aprendizagem Baseada em Projetos em uma Turma Ingressante de Engenharia. *Proceedings of 6th International Symposium on Project approaches in Engineering Education*. Medellín. Colombia.
- Brown, T. (2010). *Design Thinking*. Rio de Janeiro: Elsevier
- Crouch, C. & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977. DOI: [10.1119/1.1374249](https://doi.org/10.1119/1.1374249)
- Echavarria, M. V. (2010). *Problem-based learning application in engineering*. *Rev. Esc. Ing. Antioq* [online], n. 14, p. 85-95
- Edström, K., & Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: complementary models for engineering education development. *European Journal of Engineering Education*, 39(5), 539-555. DOI: [10.1080/03043797.2014.89570](https://doi.org/10.1080/03043797.2014.89570)
- English, M. C.; Kitsantas, A. (2013). Supporting student self-regulated learning in problem and project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2)
- Giordani, D. S.; Candido, E. J. M. (2015) A PBL Experience to simulate a business environment in a discipline of Chemical Engineering Course. *Proceedings: 43rd Annual Conference of SEFI*. Orléans. France.
- Jollands, M., Jolly, L.; Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates' work readiness. *European Journal of Engineering Education*, 37(2), 143-154.
- Lehmann, M.; Christensen, P.; Du, M. & Thrane, M. (2008) Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, p. 283-295, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/03043790802088566>
- Lima, R. M.; Silva, J. M.; Janssen, N.; Monteiro, S. B. S.; Souza, J. C. F. (2012) Project-based learning course design: a service design approach. *Int. Journal of Services and Operations Management*, 11(3), 293-313.
- Mesquita, D.; Alves, A.; Fernandes, S.; Moreira, F.; Lima, R. M., (2009) A first year and first semester Project-Led engineering education approach. *Anais: Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. Guimarães, Portugal.
- Pazeti, M.; Pereira, M. A. C. (2015) Teamwork: analyses of this competence over two years for freshmen Industrial Engineering course. *Proceedings: 7th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. San Sebastian. Spain.
- Pereira, M. A. C.; Barreto, M. A. M. Pazeti, M. (2017) Application of Project-Based Learning in the first year of an Industrial Engineering Program: lessons learned and challenges. *Production (ABEPRO)*, 27 (1-13).
- Pereira, M. A. C.; Silva, M. B.; Pazeti, M.; Claro, S. R. C. (2017) Aprendizagem Baseada em Projetos: O case da Escola de Engenharia de Lorena – USP. *Anais: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Joinville. Brasil.
- Pereira, M. A. C.; Barreto, M. A. M. (2016). PBL in School of Engineering of Lorena at the University of São Paulo: Lessons Learned and Challenges. *Proceedings: 8th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. Guimaraes. Portugal.
- Pereira, M. A. C.; Pazeti, M.; Susuki, L. K. A. (2015) Positives Results of Project-Based Learning use in the first year of an Industrial Engineering course in Brazil *Proceedings: 22nd EUROMA Conference*, Neuchatel. Switzerland.
- Powell, P. C., & Weenk, W. (2003). *Project-led engineering education*. Utrecht: Lemma Publishers.
- Santos, C.; Bortoti, M.; Pereira, M. A. C. (2013) Aprendizagem baseada em Projetos: Estudo de caso com ingressantes em Engenharia de Produção *Anais: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Gramado. Brasil.
- Santos, C.; Bortoti, M.; Pereira, M. A. (2014). Project-Based Learning: A Case Study with Industrial Engineering Freshmen. *Proceedings: 42nd Annual Conference of SEFI*. Birmingham. United Kingdom.
- UNESCO. (2010). *Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>
- Watanabe, K. N.; Barreto, M. A. M.; Grillo, C. C.; Pereira, M. A. C. (2016) Trabalho em equipe e Aprendizagem Baseada em Projetos: Percepção de alunos ingressantes de Engenharia de Produção *Anais: XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Natal. Brasil.
- World Economic Forum. (2016). The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. *Growth Strategies*, (january), 2–3. <https://doi.org/10.1177/1946756712473437>

# The perceptions of Civil Engineering Programme Students at Pontifical Catholic University of Sao Paulo on Project Based Learning Approach

Luiz Carlos de Campos<sup>1</sup>, Bárbara Cristina Oliveira de Campos<sup>2</sup>, Francisco Xavier Sevegnani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Faculty of Exact Sciences and Technology, Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

<sup>2</sup> Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, SENAC, Guarulhos, Brazil

<sup>3</sup> Department of Engineering, Faculty of Exact Sciences and Technology, Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

Email: lccampos@pucsp.br, bcoc1980@gmail.com, francisco.sevegnani@gmail.com

## Abstract

This work presents the perceptions of Civil Engineering Programme students at Pontifical Catholic University of Sao Paulo on PBL approach. Based on the principles of PBL the students of the 4<sup>th</sup> semester must develop a project where the concepts of Mechanics of Rigid Bodies course are applied. The theme of the project in the last two years was the Da Vinci's Supporting Bridge. The development of the project was part of the assessment process in the course. The project was developed in three steps. The first one was a bibliographical research. The second step was the building of a prototype to analyse the behaviour of the structure, distribution of forces and the application of structural concepts. In the third step the bridge was built in an enlarged size with the necessary adaptations related to the prototype, seeking to follow the original design. The materials used were wood cylindrical pieces with the appropriated socket. All the pieces were prepared by the team and each step, with the description of the building and assembly processes, was reported in a video available on You Tube. In order to get the student opinions on the project two questionnaire were applied to them. A closed questionnaire based on Likert's scale and an open questionnaire where they could analyze all the aspects involving their participation in the project and what suggestions they had to do in order to improve the work. In addition, the students could tell how the PBL approach help them in the teaching/learning process.

**Keywords:** Engineering Design; Project Based Learning; Supporting Bridge; Teamwork

## 1 Introduction

Nowdays the engineering professionals need a deep and hard inter/multidisciplinary skills and competences to face the real world job market. The modern engineering profession requires skills in human relations as well as technical competences (Mills & Treagust, 2003).

According to Campos et al., (2011), the academic world is changing in its learning concepts and new methodologies and approaches are being used to prepare the engineering students for a future where we don't know what must be taught.

The Project Based Learning (PBL) is an approach that put the students face to a real world by the development of competences, skills, teamwork and critical thinking. This approach is a good teaching/learning educational tool that develop in the students the capacity of solve problems, projects through a self directed learning, observation, organization, initiative and teamwork (Moreira., Mesquita., van Hattum-Janssen, 2011).

With PBL students have to face new challenges and new roles in the learning process. The students roles include autonomy and responsibility about what they learn, how they learn and with whom (Alves et al., 2012). The activities related to that requires an interaction between team members during the time of the project.

According to Powell & Weenk (2003), "teamwork takes probably about 40 to 50% of learning activity. Thus, teamwork emphasized a continuous interaction between group members concerning the project activities, purposes, knowledge and goals". They conclude that PBL gives to students the opportunity to face a real problem whose solution needs theoretical concepts but the application must be discussed in a teamwork where each member must gives a contribution to solve it.

Based on Baine (2009), engineering is communication and teamwork where each member of the team contributes, according to individual strengths and the resultant learning and/or design produces a superior product. People learn from each other, empower each other, and share the responsibility of finishing the project on time and on budget. Engineers must be able to communicate well with a wide variety of people. Each team member brings a different set of skills to the table. It is important to realize that this diversity in ideas and thinking is exactly what can make a product attraction or company great. A wide variety of people working together usually equates to more detail and better design or end result.

Seeking to adopt these concepts the professor of the Mechanics of Rigid Bodies (MRB), course of the fourth semester of the Civil Engineering Programme at Pontifical Catholic University of Sao Paulo, proposed to his students the project of building the Da Vinci's Self Supporting Bridge as part of the assessment process in the course. This was the theme of the project used in the last two years in the same course.

The project was developed in three steps. The first step was a bibliographical research that gave to the students the knowledge of the project under scientific and cultural-history visions. In the second step the students set up a prototype to analyse the structures behaviour as result of a downward applied force and the application of structural concepts. In the third and final step the bridge was built in an enlarged size with the necessary adaptations related to the prototype, seeking to follow the original design. This assembly must permit and tolerate the weight of several people passing along the bridge. The materials used were wood cylindrical pieces with appropriated socket (Scantamburlo et al., 2017).

All the pieces were prepared by the members of the team and each step with the description of the building and assembly processes were reported in a video available on You Tube (TV PUC-SP, 2017).

## 2 Methodology

This work aims to discuss and to present the perceptions of the students of Civil Engineering programme at Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Brazil, on PBL project developed in teamwork to build the Da Vinci's Self Supporting Bridge.

The main objective of this paper was to understand the concepts related to the MRB course carrying out a full study of Physcs aspects and concepts used in the bridges building.

The development of the project was part of the assessment process in the course. The students of the class were divided in teams with six members each one to set up the bridge. The project was developed in three steps. The first one was a bibliographic research on the issue. In the second step began the hands-on activity with the building of a prototype where test and analysis were made to understand the structures behaviour as result of a downward applied force. In the third step the hands-on activity was the bridge building in an enlarged size with the necessary adaptations related to the prototype, seeking to follow the original design, and under the condition of to permit and tolerate the weight of several people passing along the bridge. The materials used were wood cylindrical pieces with the appropriated sockets. All the pieces were prepared by the team and each step with the description of the building and assembly processes were reported in a video available on You Tube.

The perceptions of the students were based on survey collected in the end of the semester carried out individually, after the presentation in classroom of the project developed along the semester.

In order to get the student opinions on the project two questionnaires were applied to them. A closed questionnaire based on the Likert scale and an open questionnaire where they could analyse all the aspects involving their participations in the project and what suggestions they had to do in order to improve the experience. In addition, the students could tell how the PBL approach help them in the teaching/learning process.

During the last two years a total of 65 students participated of this experience, where 51 of them answered the questionnaires on the project. The students were organized in teamwork with 4 or 5 members each one.



A closed questionnaire with 25 statements was applied to the students, where they had to manifest their opinion according to a scale from 1 to 5, basing on Likerts' scale, where 1 = I totally disagree; 2 = I partially disagree; 3 = Indifferent; 4 = I partially agree; 5 = I totally agree.

The survey was composed of five dimensions: 1. project theme (statements 1 to 7); 2. learning and competences acquired (statements 8 to 11); 3. Teamwork (statements 12 to 18); 4. teacher roles (statements 19 to 21); 5. PBL evaluation (statements 22 to 25).

The closed questionnaire focused in the results of the project related to teamwork

### 3 Results and Comments

In this section the results are represented from the survey applied to students through closed and open questionnaires. A discussion analysing the opinion of each student and his commentaries on the project theme, the teamwork, the learning and competences acquired, teacher roles and the PBL evaluation are pointed out.

Table 1 shows the dimensions, the statements and the average of each statement and each dimension of the closed questionnaire.

Table 1: Results of questionnaire with closed questions

DIMENSIONS	STATEMENTS	RESULTS AVERAGE	DIMENSIONS AVERAGE
<b>(1)</b> <b>Project Theme</b>	1) The Project theme was relevant to my future profession	4.4	4.3
	2) The Project theme was very interessant and motivator	4.4	
	3) There was a good articulation between the Project and the MCR course	4.3	
	4) I am proud with the project that my team developed	4.5	
	5) The Project allowed me to understand the contents of the course more easily in the classroom	4.1	
	6) The development of the Project allowed me to view the applications of the course in real situations	4.3	
	7) My participation in the Project helped me to develop my autonomy	4.1	
<b>(2)</b> <b>Learning and Competences Acquired</b>	8) With the development of the Project I have improved my oral and writing communication competences	3.7	4.1
	9) With the PBL I have acquired and developed Project, time and conflict managements	4.4	
	10) My feedback suggestions to the members of the teamwork helped me to develop my critical thinking	4.0	
	11) The prototype construction stimulated my iniciative and creative ability	4.3	
<b>(3)</b> <b>Teamwork</b>	12) The teamwork allowed me to increase my motivation to learning	4.2	4.2
	13) I prefer to work in team than individually	3.7	
	14) Along the semester I had an active role in the teamwork	4.5	
	15) During the development of the Project my teamwork carried out formal meetings in order to discuss the steps of the Project	4.4	
	16) The personal relations competences developed during the project will be very important to my profession	4.4	
	17) I shared all my tasks and knowledges with the members of the teamwork	4.3	
	18) I had ability to solve all the conflicts in the teamwork under a positive way	4.0	
<b>(4)</b> <b>Teacher Roles</b>	19) The professor was available to give support to the students and help them to solve the doubts on the project	4.2	4.2
	20) The professor role was very important during the development of the project	4.2	
	21) The teacher gave technical support to the project	4.2	
<b>(5)</b> <b>PBL Evaluation</b>	22) The grade related to the Project must be more than the traditional texts	4.0	4.2
	23) In a general way I was happy with the results of the Project developed by my teamwork	4.3	
	24) PBL approach has a positive behavior in the relation between professor and students	4.3	
	25) The PBL approach used in this Project was well organized	4.1	

Source. Adapted from Diana Mesquita (2012).

As can be seen in the Table 1, two statements had low score in the evaluation, numbers 8 and 13. The low score in the statement 8 can be explained by the fact that the students developed the project using more hands on activities than writing text. The low score in the statement 13 can be explained by the fact that it was the first time that they developed an activitie in team, they used to do all activities individually.

Relating to the high score in the statements 4 and 14 is possible to suppose that these results are related to the enthusiasm that the students had with their task.

In general the results had a good score related to the work carried out by the students.

The results of the survey are represented in the following figures 1 and 2.

Figure 1 shows the results of the students answers related to the dimension one. This dimension was focused directly on the project theme. It contained seven statements related to the relevance of the theme and the motivation for the development of the project.

Figure 2 shows the results of the students answers related to the dimension two. This dimension was focused directly on the learning and competences acquired in the development of the project. It contained four statements related to the knowledge, competences and skills obtained during the development of the project and the contribution that each member gave to the team. In addition, in this dimension the students could tell how they felt the importance of a work management.

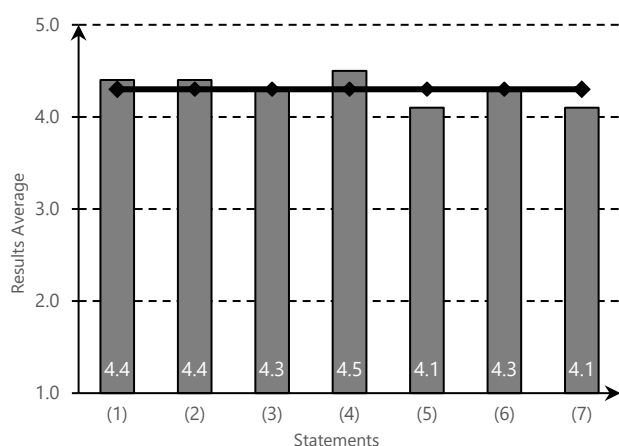


Figure 1. Results of the survey for the dimension "Project Theme"

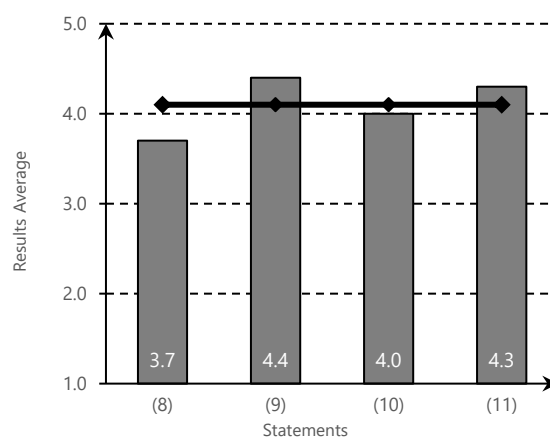


Figure 2. Results of the survey for the dimension "Learning and Competences Acquired"

Figure 3 shows the results of the most important dimension that the students developed along the project: the teamwork. Through seven statements the students had the opportunity to feel the environment where they will work in their future profession.

It is in a teamwork where each member of the team contributes, according to individual strengths for a design or product with superior quality. It is important to realize that the diversity of ideas and thinking is exactly what can make company great. A wide variety of people working together usually equates to more detail and better design or end result.



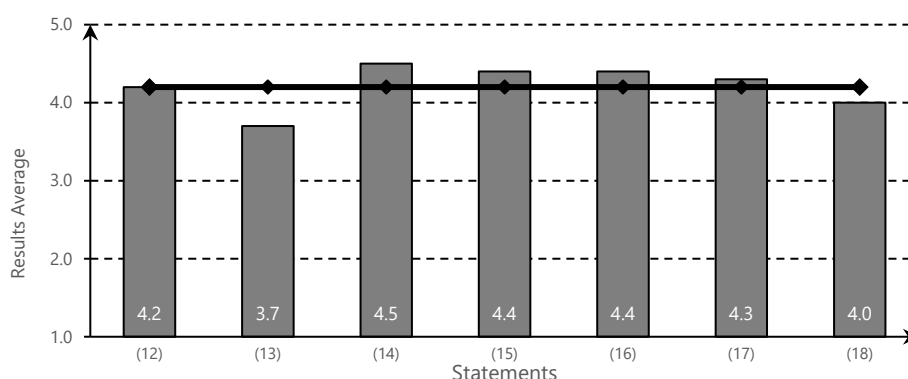


Figure 3. Results of the dimension "Teamwork"

Figure 4 shows the results of the dimension related to teacher roles. This dimension, with three statements, analyse the teacher roles and the support that he gave to the students along the development of the project, under the vision of the students. It is important to know what the teacher can do in order to help the students without inference in their work.

Figure 5 shows the results of the dimension related to the evaluation that the students did on the development of the project. This dimension required from the respondents the analyse of all the steps of the project development and how they helped them in the acquisition of knowledge, competences and skills and what were the most important under the view point technical and academic.

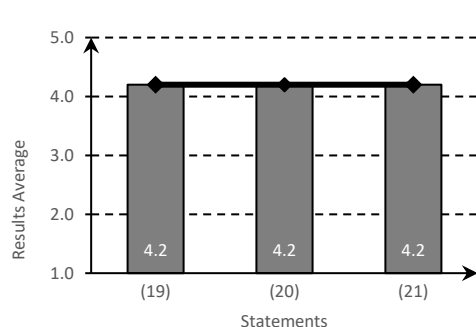


Figure 4. Results of the dimension "Teacher Roles"

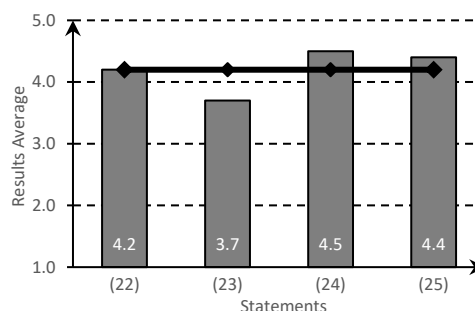


Figure 5. Results of the dimension "PBL Evaluation"

The results of the open questionnaire are presented in the Table 2.

The results show that the students considered the teamwork and the theme of the project as an important issue related to their future activity professional.

Table 2: Results of open questionnaire

Aspects more positives	Face to real problems of the profession
	Management of conflicts
	Teamwork
	Development of autonomy, creativity and critical thinking
	Hands on activities
Aspects less positives	Lack of commitment of some team members
	Scheduling difficulties with the team members
	Few bibliographical related to the issue
Improvement Suggestions	Increase in the grade related to the project
	More discussions inter-team before the finalization of the work
	Technical support by the teacher
	Biweekly reports
	Presentation of results through poster and not power point

Source. The authors

## 4 Conclusion

The data obtained in this work were students' opinions on the impact that a project gave to their studies.

According to the results we must conclude that the development of a project in an engineering programme is a way to give to the students an adequate approach to learn technical concepts, competences, skills and opportunity for them to know how it works a "factory floor".

During the project development students found challenges where the solutions required creativity, effort, dedication and discussions between the members of the teams, making important opinions to solve the problems faced by them.

Despite this project has been the first work in team that the students developed in their programme, they approved this new approach of teaching/learning and they hope that other courses implement works like this.

Looking at the comments that the students gave, the most relevant aspect in the development of the project was related to the professional reality of Civil Engineering.

The choice of a theme that they can face in future profession became the most important aspect of the project and contributed for the motivation during its development.

Some of the suggestions that the students gave in the open questionnaire must be obeyed by the teacher in the future projects related to the course.

## 5 References

- Alves, A.C., Mesquita, D., Moreira, F., Fernandes, S. (2012). Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses. In Proceedings of Fourth Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education. Sao Paulo, Brazil.
- Baine, C. (2009). Engineers Make a Difference. Engineering Education Service Center. Springfield, OR
- Campos, L. C., Dirani, E. A. T., Manrique, A. L. (2011). Educação em Engenharia: Novas Abordagens. Editora EDUC, Editora da PUC-SP, São Paulo, Brazil.
- Mills, E. J. & Treagust, F. D. Engineering Education – is Problem Based or Project Based Learning the answer. Australian Journal of Engineering Education, Australia, 2003.
- Moreira, F., Mesquita, D., van Hattum-Janssen, N. (2011). The importance of the Project Theme in Project-Based Learning: a Study of Student and Teachers Perceptions. In Proceedings of the Third Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education, Lisboa, Portugal.
- Powell, P. C., & Weenk, W. (2003). Project-Led Engineering Education. Utrecht: Lemma.
- Scantamburlo, A. C. et al., "Building the Da Vinci's Self Supporting Bridge". In Alive Engineering Education: Transforming and Innovating Engineering Education, Chapter 1, p. 29-35, (2017). ISBN 978-85-495-0151-3. Editora da Universidade Federal de Goiás, UFG. <https://icaeedu.emc.ufg.br/p/22210-icaeedu-2017-publications>
- TV PUC (2017). Ponte Arqueada de Leonardo Da Vinci. <https://www.youtube.com/watch?v=issE7-XHBgo>

# The Inclusion of Project Based Learning in an Industrial Engineering Program

Antonio Carlos Dantas Cabral<sup>1</sup>, Octavio Mattasoglio Neto<sup>2</sup>, Marcelo Marques Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mauá Engineering School, Mauá Institute of Technology, Engineering Production, São Caetano do Sul, 09580-900, Brazil

<sup>2</sup> Mauá Engineering School, Mauá Institute of Technology, Basic Cycle, São Caetano do Sul, 09580-900, Brazil

Email: omattasoglio@maua.br; acabral@maua.br; marcelo.gomes@maua.br

## Abstract

The main objective of this paper was to present the Special Projects and Activities (PAEs, in Portuguese), a set of activities such as workshops and small projects that are supposed to be developed by students simultaneously to the normal classes. Within the didactical Industrial Engineering Course frontiers, the PAEs have a dual function: act as a complement to the engineer's professional education and to strength the development of didactic and pedagogical content. The starting point of the process was a known fact described by specialists: possible clashes between the baby boomers and X generations, are the teachers, and the generations of generations Y and Z, the students. Implemented in 2015, the process was evaluated three years later using Focus Group, with students from the various courses, and more specifically with 90 of the 126 students regularly enrolled in Production Engineering. They evaluated 21 more PAEs directly or indirectly related to the course. The main aspects, positives and negatives, were critically evaluated from the point of view of the stakeholders of the production engineer education. After that, a few recommendations were prepared made to improve the process already in the next school year.

**Keywords:** Project Based Learning. Industrial engineering. Special projects and activities. Soft skills.

# A Inclusão de Aprendizagem por Projetos num Curso de Engenharia de Produção

Antonio Carlos Dantas Cabral<sup>1</sup>, Octavio Mattasoglio Neto<sup>2</sup>, Marcelo Marques Gomes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mauá Engineering School, Mauá Institute of Technology, Engineering Production, São Caetano do Sul, 09580-900, Brazil

<sup>2</sup> Mauá Engineering School, Mauá Institute of Technology, Basic Cycle, São Caetano do Sul, 09580-900, Brazil

Email: omattasoglio@maua.br; acabral@maua.br; marcelo.gomes@maua.br

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi apresentar os Projetos e Atividades Especiais (PAEs), constituídos por oficinas, workshops e projetos desenvolvidos em paralelo ao Curso de Engenharia de Produção da Mauá com uma dupla função: complementar a formação do engenheiro, tanto no atendimento aos ditames do perfil do egresso como no fortalecimento dos conhecimentos necessários ao pleno desenvolvimento do conteúdo didático e pedagógico. O ponto de partida do processo foi a constatação da existência de possíveis confrontos entre as gerações *baby boomers* e X, que são os professores, e as gerações Y e Z, os alunos. Implantado em 2015, o processo foi avaliado, três anos após a implantação, por meio da ferramenta *Focus Group*, com alunos dos vários cursos do Centro Universitário, e, de forma mais específica com 90 dos 126 alunos regularmente matriculados na Engenharia de Produção, que avaliaram 21 propostas de PAE mais relacionadas ao curso. Os pontos positivos e os negativos foram avaliados criticamente sob o ponto de vista dos *stakeholders* do processo de formação do engenheiro de produção e, a partir dessa avaliação foram elaboradas recomendações para o aprimoramento do processo já no próximo ano letivo.

**Palavras chave:** *Project Based Learning*. Engenharia de Produção, Projetos e Atividades Especiais, *Soft skills*.

## 1 Introdução

Há uma recente onda de mudanças nos cursos de engenharia no sentido de se incorporar estratégias ativas para promover a aprendizagem. Dentre elas, é muito bem aceito o Ensino Baseado em Projetos, ou *Project Based Learning* (PBL), porque o engenheiro tem por atribuição de seu trabalho a elaboração e condução de projetos. Mais precisamente, como indica o inciso IV das Diretrizes Curriculares de Engenharia (MEC, 2002), "IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia".

Na ponta de um projeto existe um problema que é o motivador da ação do profissional. Buscar soluções para os problemas que se apresentam é o seu papel o que também é indicado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) no seu inciso V "identificar, formular e resolver problemas de engenharia; VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas. O problema deve ser aproveitado como alicerce para estudantes desenvolverem o conhecimento técnico e as competências desejáveis.

As ferramentas tecnológicas também exercem grande papel na formação do engenheiro porque permitem levar conteúdos, controlar a aprendizagem e estabelecer um canal de comunicação entre os corpos docente e discente das Instituições de Ensino Superior (IES).

Por todas essas características e necessidades os cursos de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia estão, desde o ano de 2015, passando por uma reforma curricular que prevê essencialmente, a inclusão de Projetos e Oficinas, intituladas Projetos e Atividades Especiais (PAEs), em paralelo às disciplinas do curso. Esses PAEs têm duração típica de um semestre e são de livre escolha dos estudantes, num cardápio que abrange os diversos os cursos da escola.

O objetivo deste trabalho é apresentar os PAEs e enfatizar a sua função dupla no Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia: complementar a formação do engenheiro,

tanto no atendimento aos ditames do perfil do egresso como no fortalecimento dos conhecimentos necessários ao pleno desenvolvimento do conteúdo didático e pedagógico.

## 2 Referencial Teórico

O ensino, ou a arte de ensinar, ou ainda a arte de se posicionar, como professor, frente a uma grande diversidade de alunos com diferentes formações escolares e familiares é o grande desafio a ser enfrentado pelas IES nos próximos anos.

De um lado, a geração Z, com suas características (Quadro 1), requer, dos professores, um tipo de atitude diferente da tradicional aula expositiva que exige atenção do alunado enquanto o professor expõe, bem ou mal, seus conhecimentos. São estudantes impacientes, multitarefas, que pensam de forma não linear e estão permanentemente ligados nas redes sociais. De outro, os professores, formados nas escolas tradicionais, que nem sempre conseguem conduzir as aulas de forma a retirar os alunos do ambiente em que trafegam no seu dia-a-dia e os motivem a aprender. Pode-se inferir que, em muitas escolas, nas salas de aula, há um tipo de confronto de gerações que precisa ser bem resolvido em prol do aprendizado: alunos "Z" versus professores "X ou Baby Boomers".

Quadro 1: Características das Gerações

1935-1945	1946-1964	1965-1980	1981-1995	Após 1996
<b>Veteranos:</b> sua experiência é respeitada	<b>Baby Boomers:</b> você é valorizado e necessário	<b>Geração X:</b> faça do seu jeito e esqueça as regras	<b>Geração Y:</b> trabalhe com outros que brilham como você	<b>Geração Z:</b> ??
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Também conhecidos como 'tradicionalistas', ou seniores</li> <li>▪ Nascidos entre as duas guerras mundiais</li> <li>▪ São leais e muito dedicados às organizações</li> <li>▪ Um emprego para toda a vida</li> <li>▪ Grande respeito pela autoridade</li> <li>▪ Carreira é responsabilidade da empresa: um emprego para toda vida em uma única organização</li> <li>▪ Trabalhar é uma obrigação</li> <li>▪ Não precisa de feed-back</li> <li>▪ Recompensa: o trabalho bem feito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nascidos após a segunda guerra</li> <li>▪ Assistiram a corrida espacial e o nascimento da contracultura</li> <li>▪ São fieis às organizações</li> <li>▪ Eficientes no trabalho, são orientados a processos</li> <li>▪ Questionam as autoridades</li> <li>▪ Carreira é responsabilidade da empresa: alguns empregos ao longo da vida</li> <li>▪ Trabalhar é uma aventura excitante</li> <li>▪ Não aprecia feed-back</li> <li>▪ Recompensa: dinheiro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Viram a corrida nuclear, a guerra fria e a explosão da mídia de massa</li> <li>▪ Apáticos em relação às grandes causas políticas</li> <li>▪ Não se comprometem muito com as organizações</li> <li>▪ Passam por algumas empresas ao longo da carreira</li> <li>▪ Não consideram muito a autoridade (relação mais igualitária)</li> <li>▪ Carreira é responsabilidade dos indivíduos, alguns empregos ao longo da vida</li> <li>▪ Trabalhar é um contrato estabelecido</li> <li>▪ Aprecia feed-back (desculpe interromper, mas como estou indo?)</li> <li>▪ Recompensa: liberdade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Priorizam os interesses pessoais aos organizacionais</li> <li>▪ Valorizam a inclusão nas organizações, o multiculturalismo e as diferenças</li> <li>▪ Respeitam a competência e não a hierarquia</li> <li>▪ São orientados a resultados</li> <li>▪ Carreira é responsabilidade de cada um e marcada pela alternância entre trabalho e estudo</li> <li>▪ Trabalhar é uma aventura excitante</li> <li>▪ Demanda feed-back constante ao apertar de um botão</li> <li>▪ Recompensa: fazer a diferença</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Também conhecidos como a geração Zap (zapear), Gamers, On-line, Internet, Pontocom, Silenciosa</li> <li>▪ Impacientes</li> <li>▪ Multitarefas</li> <li>▪ Nativos digitais - Usam todos os recursos tecnológicos e precisam estar conectados</li> <li>▪ Redes sociais, vida virtual</li> <li>▪ Pensamento não linear</li> <li>▪ Em poucos anos estarão ingressando no mercado de trabalho com muito mais bagagem educacional que as gerações anteriores</li> </ul>

Fonte: Salomão, 2011.

Campos (2012) cita dez características dos jovens universitários, que corroboram o exposto no Quadro 1: pouca paciência para estudar/trabalhar; dificuldade para aprendizagem linear; hiperatividade; mente seletiva num ambiente com excesso de informações; utiliza várias mídias simultaneamente; usa controle remoto como "metralhadora", o que demonstra dificuldade para se concentrar; não sabe obedecer ordens; tem dificuldade para se comunicar de forma oral e escrita; tem conhecimentos gerais limitados. O autor também parafraseia

Riley (Riley, R. apud Campos, 2012) ao afirmar que as escolas têm que preparar estudantes para empregos que ainda não existem, para usar tecnologias que ainda não foram inventadas e para solucionar problemas que ainda não se sabe que serão problemas.

Outros autores analisaram esse tipo de confronto de gerações e apresentaram alternativas para minimizar os seus efeitos. Cintra (2012), afirma que diferenças entre os “*Baby Boomers*” e a geração X e entre as gerações Y e Z, não são tão expressivas como a ruptura existente entre a X e a Y. A primeira, conservadora e reacionária, quer endireitar a segunda, multitarefa e individualista, fato que gera conflito. O autor recomenda que, para resolvê-lo: a) X precisa caminhar em direção ao Y (e ao Z); b) a forma como a aula é dada deve ser atrativa de modo a motivar o aluno a prestar mais atenção ao conteúdo; c) é preciso conhecer o seu público alvo e adotar uma “quase estratégia de marketing.

A esse respeito, Micale (2017) afirma que a geração Z precisa perceber que sua voz é levada em consideração. Para tanto, as IES devem construir, com eles, seus processos e planos de ensino de forma colaborativa. Além disso, recomenda seis práticas para motivá-los na sala de aula: a) conscientizá-lo sobre a responsabilidade que tem na própria formação; b) incentivar a inteligência interpessoal - a capacidade de compreender e se fazer compreender por meio de atitudes produtivas; c) estimular o hábito de questionar; d) utilizar as ferramentas de conexão a favor do professor; e) mudar de estratégia para melhorar o aprendizado; f) manter o canal de comunicação aberto.

Pode-se inferir, pelo exposto, ser imperioso para as IES, se adaptarem às mudanças das gerações.

Nesse ponto cabe refletir sobre o que foi feito ou publicado sobre esse tema, a começar pelo conceito de aprendizagem. Para Crease (2011), aprender não é um simples colocar técnicas e conceitos num espaço da memória, como nos computadores, para uso posterior. Ao contrário, é um processo ativo, rico de idas e vindas, no qual sempre se deve mover entre as partes e o todo para perceber e descobrir novas coisas graças àquelas que já se conhece, de forma a construir uma base em constante expansão.

Senge et al (2005) apresentaram a visão das escolas que aprendem como forma de aperfeiçoá-las em todos os níveis. Para ele, cada uma delas é produto da maneira como seus membros pensam e interagem, sejam eles professores e alunos, dirigentes ou mesmo os governantes. Ao pretender mudar para melhor e fazer frente às novas maneiras de pensar e agir dos estudantes é preciso entender como eles pensam e agem porque, caso contrário, a organização retornará, com o passar do tempo, à forma que tinha antes de se iniciar os ajustes que pretenderam modernizá-la.

Para esses mesmos autores, as escolas enfrentam pressões desconhecidas por qualquer outro tipo de organização. Não podem ignorar as ferramentas para que os alunos acessem o mundo “*on-line*” nem deixar de reconhecer que elas representam uma força competitiva ingovernável. Diante dessa complexa realidade, propõem o conceito das “escolas que aprendem” e perguntam: como começar e recriá-las para servir estudantes que crescerão num mundo pós-industrial?

Anos antes, o autor (SENGE et al, 1999) havia relacionado três classes de desafios para atingir o sucesso em organizações que aprendem: a) iniciar o processo: foco no que é relevante e agir conforme o discurso; b) sustentar a transformação: medo, ansiedade, indicadores precisos e preparação do ambiente interno; c) reprojeter e repensar: governança, difusão via comunidades de prática e estratégia clara com propósito de segui-la.

Anos depois, (SENGE et al, 2007) propuseram a “Presença”, título do livro, como a melhor forma de enfrentar os sempre novos desafios rumo ao “campo do futuro”. A obra descreve as escolas tradicionais como sendo “linhas de montagem cujo fito é obter um produto uniforme e padronizado com a máxima eficiência possível” e nem a necessidade de formar cidadãos globais inteligentes impediu que esse modelo fosse alterado. Cita, provocação, a mão humana (um sistema vivo), que é totalmente recriada (suas células) em aproximadamente um ano. Ver nas mãos, assim como nas escolas, um sistema estático, é um erro. Há outro perigo a evitar: se as células perderem sua identidade e passarem a se reproduzir de forma indiscriminada, podem dar origem a um câncer e ameaçar a vida de um organismo. Essa analogia deve estar sempre na mente das escolas que aprendem.

Para completar o cenário de alterações, é essencial citar Schwab (2016), que afirma que:

“somos testemunhas de mudanças profundas em todos os setores, marcados pelo surgimento de novos modelos de negócios, pela descontinuidade dos operadores e pela reformulação da produção, do consumo, dos transportes e dos sistemas logísticos. Na sociedade há uma mudança de paradigma em curso no modo como trabalhamos e nos comunicamos, bem como na maneira de nos expressarmos, nos informarmos e nos divertirmos”.

Para Schwab (2016), os atuais limites acadêmicos, sociais, políticos, nacionais e industriais devem ser ultrapassados e um novo modelo, focado na cooperação, deverá ser implantado nos próximos anos.

Dado que as escolas precisam mudar, torna-se necessário selecionar estratégias e ferramentas que sejam compatíveis com o momento atual, com a turbulência advinda do choque entre alunos das gerações Y e Z professores com mente X e “*baby boomer*” lecionando. O Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia optou por adotar o PBL, de forma gradativa.

O PBL se apresenta como uma alternativa nos cursos de engenharia tanto para promover a aprendizagem de conhecimentos técnicos como das *soft skills*, contribuindo para a formar estudantes atendendo a demanda do mercado. Sua premissa é o envolvimento ativo do aluno com o objeto de aprendizagem, em atividades interdisciplinares, voltadas para a resolução de um problema (Kolmos, 1996; Lima et al, 2012). O PBL pode promover melhor apropriação do conhecimento e levar o estudante a desenvolver sua capacidade de criticar e refletir, tão importante no cenário atual.

A responsabilidade pela aprendizagem no PBL deve ser assumida de forma ativa pelos discentes enquanto o docente atua como tutor para motivar, facilitar o aprendizado e incentivá-los (SILVEIRA, 2008). Esse mesmo autor aponta como vantagens do PBL: a) engaja alunos com questões e conflitos que são ricos, reais e relevantes; b) melhora a comunicação, organização, apresentação, gestão, pesquisa, questionamento, auto avaliação, reflexão, habilidades de relacionamento e habilidades de liderança de grupo; c) adota o trabalho em grupo para alcançar um objetivo comum; d) facilita uma compreensão conceitual mais profunda para a relacionar eficazmente as novas informações ao conhecimento existente.

Em resumo, adotar PBL como ferramenta de auxílio à aprendizagem de alunos de escolas de engenharia contribui para amenizar a turbulência gerada pelo choque de gerações nos ambientes universitários e para preparar os futuros profissionais para o seu desempenho adequado e diferenciado no mercado de trabalho.

### **3 A proposta dos Projetos e Atividades Especiais – PAEs - no Curso de Engenharia de Produção**

Os PAEs introduzidos no Curso de Engenharia de Produção reúnem um conjunto de oficinas, workshops, projetos e atividades de orientação escolar e de carreira que substitui parte das aulas tradicionais de modo a reforçar o aprendizado prático e desenvolver no aluno uma visão sistêmica e ampla da profissão escolhida.

O objetivo geral é oferecer, aos estudantes, conhecimentos e habilidades e oportunidades de desenvolvimento de atitudes dentro de um ambiente acadêmico em que eles selecionam e participam ativamente como protagonistas dos trabalhos propostos. A avaliação, qualitativa (aprovado ou reprovado), se alicerça no cumprimento, ou não, das propostas apresentadas pelos instrutores.

O principal objetivo específico é desenvolver competências para: a) utilizar indicadores e metas de produção e relacioná-los com a qualidade dos produtos e processos industriais; b) utilizar a linguagem técnica pertinente na redação de artigos seguindo as normas brasileiras; c) racionalizar as atividades de produção de fábricas utilizando e aplicando os conhecimentos do Estudo de Tempos e Métodos; d) mapear processos de modo a alicerçar o aprendizado das técnicas de projeto e gerenciamento de sistemas produtivos; e) trabalhar em equipe para desenvolvimento de um produto e introduzir o conceito de protótipo virtual; f) desenvolver sistemas computacionais empresariais para micro e pequenas empresas como incentivo à competitividade; g) eliminar problemas em processos de montagem de um produto, layout de fábrica e ergonomia em postos de trabalho, por meio de simulações; h) utilizar softwares de simulação de processos.



Os PAEs têm as seguintes características, alinhadas às orientações do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia: a) reduz o tempo em sala de aula para favorecer o trabalho individual e em grupos; b) Deve desenvolver a autonomia do aluno; c) quem a orienta ou supervisiona não pode ser considerado um professor tradicional, mas um supervisor, orientador ou até mesmo tutor; d) não pode ser considerada “aula”, mas atividade, oficina ou projeto; e) não são específicos dos cursos, das séries ou das disciplinas; f) devem ter flexibilidade de horário.

A TABELA 2 relaciona os PAEs oferecidas em 2017 pelos professores do Curso e mostra a contribuição de cada uma tanto para a formação geral do engenheiro (FG) como alicerce do Eixo Projetos (EP) que será detalhado mais adiante nesse Capítulo 3.

No que se refere à formação geral destacam-se atividades relacionadas ao meio ambiente, à formação da carreira profissional e às contribuições que podem ser feitas, individualmente e como futuros profissionais para a competitividade do País. Além delas, é possível se inscrever em qualquer outra oferecida pela Escola.

No tocante ao Eixo Projetos, pode-se citar aquelas relacionadas a softwares e complementam o aprendizado nas disciplinas, como: Catia (código da atividade - PM2008) e Delmia (Código de atividade - PM2009), que fazem parte do conjunto 3DX 2017 da Dassault Systèmes; Plant Simulation –Siemens (PM3003); Introdução à Simulação de Processos Mapeados utilizando SimulaçãoSimul 8 (PM2010); e aquelas consideradas básicas, que também complementam o aprendizado de outras disciplinas como Melhoria Contínua de Processos (PM2003) e Práticas para Elaboração de Artigos e Relatórios Técnicos e Científicos (PM3004).

Embora todos os alunos de todos os cursos possam participar de todas as atividades, como enfatizado anteriormente, os códigos indicam a orientação dada pelos gestores no momento da criação. Assim sendo, os códigos PM20XX e PM30XX indicam foco no segundo e no terceiro ano, respectivamente. Algumas delas apresentam encadeamento lógico, dessa forma, por exemplo, é possível escolher as atividades PM2008 – Desenhos em Catia e, no semestre seguinte, PM3009 – Simulação de Processos no Delmia, seguindo por uma linha de desenvolvimento de produtos e de processos produtivos, em softwares do mesmo fabricante.

TABELA 2 – RELAÇÃO DE PAES OFERECIDAS NO ÂMBITO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Código	PROJETOS E ATIVIDADES EXTRACURRICULARES	FG (**)	EP (*)
PM2001	Introdução à Metrologia		
PM2002	Oficina de Tempos e Métodos de Produção		
PM2003	Melhoria Contínua de Processos		
PM2004	Diagnóstico Ambiental em Sistemas Produtivos		
PM2005	Lixo: do Problema à Oportunidade		
PM2006	Produção Sustentável		
PM2007	Introdução ao Mapeamento de Processos Produtivos		
PM2008	Desenhos em Catia		
PM2009	Apresentação em Público		
PM2010	Introdução à Simulação de Processos Mapeados		
PM2012	Jogos para Aprendizado de Conceitos de Engenharia de Produção		
PM3001	Desenvolvimento de Sistemas para Micro e Pequenas Empresas		
PM3002	Empreendedorismo, Invenções e Inovações no Mundo dos Negócios		
PM3003	Plant Simulation		
PM3004	Práticas para Elaboração de Artigos e Relatórios Técnicos e Científicos		
PM3005	Oficina Brasil Competitivo		
PM3007	Introdução a Manufatura Enxuta e Princípios de Melhoria de Processos utilizando Simulação		
PM3008	Planejamento de Carreira Profissional		
PM3009	Simulação de Processos no Delmia		

EP (\*) Contribuição para o Eixo Projetos

FG (\*\*) Contribuição para a Formação Geral



A proposta de oferecer PAEs se enquadra no projeto maior do Curso de Engenharia de Produção: a Fábrica Virtual, que foi desenvolvida com o intuito de enfrentar três desafios das IES dedicadas à formação de engenheiros: a) como formar profissionais para ajudar empresas, com carências básicas e forte interesse por TI a se tornarem competitivas? b) como aprender como os alunos aprendem para melhor ensiná-los? c) como compatibilizar as necessidades das empresas com a estrutura curricular da formação do engenheiro de produção e como explorar as potencialidades dos professores para atingir esse objetivo?

Para responder a essas questões, o NDE – Núcleo Didático Estruturante do curso optou por construir, em 2010, um modelo único, participativo, em que professores e alunos trabalham juntos para construir fábricas virtuais utilizando softwares de ponta e metodologia PBL e disponibilizam essas “construções” para que as turmas seguintes as utilizem em outras disciplinas. Em síntese, os alunos criam um produto no terceiro ano do período diurno (ou quarto ano do período noturno), desenvolvem pequenas fábricas para produzi-lo no ano seguinte e, na última série, estudam sua viabilidade econômica. Esse conjunto de disciplinas é denominado “Eixo Projetos”.

Os PAEs, portanto, têm função dupla ao complementar a formação do engenheiro de produção tanto no atendimento aos ditames do perfil do egresso como no fortalecimento dos conhecimentos necessários ao pleno desenvolvimento do eixo projetos.

Em resumo, trata-se de um projeto amplo e sistêmico que se espera contribuirá para a formação adequada de engenheiros de produção para os novos tempos que se avizinham.

## 4 Metodologia da pesquisa

Para se saber se estão atendendo as expectativas foram realizadas duas pesquisas com os estudantes que apontam resultados positivos, mas também alguns que merecem ser considerados para melhoria.

A primeira delas foi conduzida pelo Departamento de Marketing do IMT com 42 dos 1350 alunos dos cursos de engenharia dos períodos diurno e noturno num intervalo de 15 dias. A metodologia adotada foi o *Focus Group*, incentivando a discussão de interesses, valores, objetivos e hábitos. As informações coletadas foram agrupadas com base no tema central de cada uma, sem receber tratamento estatístico.

A segunda, mais detalhada, apoiada pelo Departamento de Marketing, objetivou identificar oportunidades de aprimoramento focadas no curso e foi aplicada, na forma de Workshop, a 90 dos 126 alunos regularmente matriculados no 3º ano do curso de Engenharia de Produção. Nela foi aprofundada a análise dos resultados obtidos na primeira e alicerçadas alterações que permitiram melhor estruturar as ações focadas na Engenharia de Produção. É importante enfatizar que esse universo de pesquisa composto por estudantes que participaram de PAEs desde que ingressaram no curso, fato que aprofunda resultados de estudos publicados anteriormente (Mattasoglio Neto, et al. 2016) e permite conclusões mais consistentes.

Os alunos foram reunidos em grupos com três ou quatro participantes e receberam três questões para orientar as discussões: a) PAEs são viáveis tecnicamente? b) como provar que são viáveis tecnicamente? c) quais testes devem ser feitos para provar que são viáveis tecnicamente? As informações coletadas também foram agrupadas com base no tema central de cada uma, sem receber tratamento estatístico.

Em paralelo, foram conduzidas entrevistas não estruturadas com alunos com o objetivo de captar informações úteis ao processo de avaliação crítica conduzido nesse trabalho.

## 5 Resultados

### 5.1 Pesquisa com alunos – focus group – conduzida pelo marketing do imt

Os alunos participantes da pesquisa são jovens entre 17 e 25 anos, que se informam basicamente nas principais páginas da internet (Uol, G1 e Terra, por exemplo), estão presentes nas principais mídias sociais e se comunicam por WhatsApp. Pensam em trabalhar inicialmente numa empresa de grande porte com boa remuneração e, posteriormente, abrir a própria empresa ou dar continuidade à empresa da família.

Sob a perspectiva didática, os principais pontos fortes da atividade apontados foram: a) os alunos acreditam que podem ter vantagens nas dinâmicas para estágios, por terem já praticado experiências similares por meio dos PAEs oferecidos; b) os supervisores, orientadores e tutores foram muito elogiados; c) os horários de atendimento foram considerados adequados; d) o nível de exigência é muito bom; e) alguns alunos citaram que já participaram de dinâmicas e vivenciaram vantagens competitivas de candidatos cursando ou formados pelo Centro Universitário do IMT.

Os principais pontos fracos foram os seguintes: a) em alguns casos, houve desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de tempo para execução; b) a concorrência por vagas – limitadas – em algumas atividades causou descontentamento; c) os alunos do período noturno reclamaram muito da pouca disponibilidade de horários.

Essas informações permitem inferir que a atividade se mostrou adequada e que os alunos reconhecem o valor, ainda que intangível, que adicionam à sua formação. Os pontos fracos relacionados à infraestrutura foram equacionados e estão sendo solucionados.

## **5.2 Pesquisa com alunos do 3º ano de engenharia de produção**

Os PAEs foram considerados tecnicamente viáveis por todos os 92 alunos participantes do workshop. Eles compreenderam que a substituição de parte da carga horária tradicional por atividades práticas agrega valor à formação e deixaram claro que o elenco oferecido, é bom, muito embora tenham solicitado que outros temas sejam incluídos nos próximos anos.

Os pontos fortes citados foram: a) ajudam os alunos a construir seu próprio perfil profissional; b) complementam o estudo de uma forma não ortodoxa; c) agregam conhecimento como engenheiros, “são pré-disciplina em alguns casos e permitem aprender a se relacionar em grupos”.

Os pontos fracos, por sua vez, foram: a) algumas atividades precisam ser melhor estruturadas para trazer mais conteúdo do mundo real para os alunos. Falta cobrar os resultados de forma mais eficiente; b) outras não apresentaram uniformidade de requisitos quando aplicadas por professores diferentes; c) é preciso aumentar a disponibilidade de material para melhor compreensão do que está sendo abordado e, também, para incentivar o estudo fora do ambiente universitário; d) no que se refere à participação dos alunos, falta proatividade e mais engajamento porque consideram que serão aprovados mesmo sem muito esforço muito.

Como resposta à segunda questão – como provar que são viáveis tecnicamente? – além da elogiada flexibilidade de horários, foram apresentadas as seguintes respostas e propostas: a) através da avaliação crítica dos projetos finais; b) “pela comprovação de que o que é proposto é semelhante ao descrito no Moodle”; c) pela comprovação de que “os alunos se adaptaram bem com o esquema de escolher suas próprias atividades”; d) pela avaliação crítica do projeto final.

No que se refere à terceira questão – “Quais testes devem ser feitos para provar que são viáveis tecnicamente?” – foram apresentadas as seguintes propostas: a) exercer as práticas aprendidas perante algum desafio; b) comparar desempenho entre alunos que participaram e não participaram de PAEs; c) realizar pesquisas de aceitação entre os alunos; d) executar projetos piloto para observar o andamento das atividades; e) avaliar a qualidade dos instrutores e a capacidade dos alunos para absorver as informações; f) pelos questionários de avaliação do curso enviados aos alunos todo fim de ano; g) pelo acompanhamento de coordenadores de curso; h) pela frequência dos alunos; i) pela opinião dos professores sobre a qualidade dos trabalhos entregues.

A simples leitura do conteúdo dessa segunda pesquisa é um forte indício que a Mauá está no caminho certo ao seguir as três recomendações de Cintra (2012), mais uma vez apresentadas: a) X precisa caminhar em direção ao Y (e ao Z); b) A forma como a aula é dada deve ser atrativa de modo a motivar o aluno a prestar mais atenção ao conteúdo; c) É preciso conhecer o seu público alvo e adotar uma “quase estratégia de marketing”.

Nas entrevistas informais com os alunos, constatou-se que, em geral, os alunos estão satisfeitos com o formato e com o conteúdo das atividades, principalmente quanto à perspectiva de elaborar projetos práticos e de ter a decisão sobre o seu próprio percurso escolar.

Por outro lado, uma parcela preocupante desses alunos ainda não compreendeu plenamente a proposta porque consideram os encontros semanais como “aulas”. Em outras palavras, ainda têm a expectativa de que o condutor da atividade, especialmente quando é um professor, ministre uma aula tradicional. Isso talvez se deva a sua posição passiva face ao sistema de ensino ou, até mesmo, pela postura de alguns professores que ainda insistem em ministrar aulas expositivas tradicionais.

Há também, por parte dos alunos, algum questionamento quanto a natureza teórica ou “falsamente” prática de algumas dessas atividades. Por exemplo, no último encontro de PM3001 – Desenvolvimento de Sistemas para Micro e Pequenas Empresas, eles foram convidados a escolherem uma microempresa para a qual farão projeto e implantação de um sistema de ERP (*Enterprise Resources Planning*) de pequena escala. Naquele momento, muitos deles manifestaram-se positivamente frente aos esperados resultados da atividade, afirmando que, pela primeira vez desenvolveriam um projeto completo e obtiveram um “produto” final.

Na análise crítica, que se segue, serão apresentadas as ações estratégicas em elaboração para melhor explorar os pontos fortes e as oportunidades identificadas, bem como corrigir as falhas apontadas.

### 5.3 Análise crítica

A análise crítica foi feita sob dois pontos de vista. O primeiro é o do conceito que norteia o curso: o engenheiro de produção é o profissional que projeta e gerencia sistemas produtivos compostos de infraestrutura (*hardware*), procedimentos (*software*) e pessoas (*humanware*). O segundo é o dos *stakeholders* do sistema produtivo – fornecedores, sociedade, consumidores, acionistas e empregados - seguindo o exposto por Slack et al. 2010). No presente trabalho foram considerados: consumidores (alunos), fornecedores (professores e a instituição), a sociedade (organizações onde atuarão os futuros profissionais) e os acionistas (a própria instituição). Dela resultou uma série de sugestões que podem ser aplicadas no próximo ano letivo.

Para os consumidores (alunos), será necessário: a) reforçar, nas atividades, as características que sejam vantagens competitivas no futuro ambiente profissional; b) oferecer um conjunto de atividades estrategicamente alinhado ao perfil do egresso e as respectivas competências, habilidades e atitudes que pretende desenvolver; c) oferecer PAEs conduzidas por profissionais de empresas que habitualmente contratam engenheiros de produção;

Para os fornecedores (professores e a instituição): a) adotar mais atividades de aperfeiçoamento na Academia de Professores – área de apoio criada no Centro Universitário com o intuito de aprimorar as ações didáticas e pedagógicas dos professores. Se possível, vincular a participação a um intensivo treinamento; b) aumentar o grau de exigência por parte dos supervisores, orientadores e tutores; c) avaliar a demanda por essas atividades ainda no presente ano letivo de modo a melhor orientar a programação do próximo; d) melhorar a distribuição dos PAEs na grade horária da Engenharia de Produção, de modo a permitir que os alunos tenham mais opções para a sua formação; e) aperfeiçoar o programa de divulgação para os alunos, com ênfase na contínua disponibilidade dos PAEs; f) oferecer PAEs para os alunos do período noturno em horários alternativos, como nos dias de semana às 17 h nos sábados à tarde;

Para a sociedade (organizações onde atuarão os futuros profissionais), criar programa de divulgação dos PAEs para organizações que habitualmente contratam engenheiros de produção formados na Instituição que contemple, inclusive, a participação de seus profissionais como orientadores, supervisores ou tutores;

Para os acionistas (a própria instituição): a) estabelecer programas de endomarketing que motive e esclareça alunos e, ao mesmo tempo, motive professores a se engajar no processo tendo em mente as sugestões desse trabalho; b) gerenciar continuamente as interações com as empresas que habitualmente contratam engenheiros de produção de modo a motivar contratações e, como consequência, ampliar o escopo e a quantidade de interessados em estudar na Mauá.

## 6 Conclusões

Considerando que o objetivo deste trabalho foi apresentar os Projetos e Atividades Especiais (PAEs) e enfatizar a sua função dupla no Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do IMT: complementar a

formação do engenheiro, tanto no atendimento aos ditames do perfil do egresso como no fortalecimento dos conhecimentos necessários ao pleno desenvolvimento do conteúdo didático e pedagógico, pode-se afirmar que ele foi atingido.

Além disso, os pontos positivos e aqueles que requerem ação corretiva compõem um rol de sugestões que serão adotadas no próximo ano letivo.

## 7 Referências

- Campos, L.C. (2012) PBL (Problem/Project Based Learning): uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. XVII Encontro de Coordenadores de Engenharia de Produção. Natal, 2012.
- Cintra, J.C. (2012) Reinventando a aula expositiva. São Paulo. Nacional.
- Crease, R. P. (2011). As grandes equações. A história das fórmulas matemáticas mais importante e os cientistas que as criaram. Trad. Alexandre Cherman. – Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Kolmos, A. (1996). Reflections on Project Work and Problem-based. Learning. In: European Journal of Engineering education, vol. 21, no. 2, 1996. P. 141-148.
- Lima, R. M., Carvalho, D., Souza, R. M. A. da S. e, Alves, A., Moreira, F., Mesquita, D., Fernandes, S. (2012) A Project management framework for planning and executing interdisciplinary learning projects in engineering education. In: *Project approaches to learning in engineering education*. (2012) Campos, L. C. de, Dirani, E. A. T., Manrique, A. L. and Hattun-Janssen, N. van. Rotterdam: Sense Publisers.
- MEC – Ministério da Educação e Cultura. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002.
- Mattasoglio Neto, O., Dorta, M. P., Lima, R. M., Mesquita, D. (2016) A percepção dos estudantes sobre uma proposta curricular baseada em projetos. Anais: XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Natal, RN. 2016.
- Micali, F. Manual da educação do futuro: como superar os desafios impostos pela geração Z. Disponível em <https://www.educacaoetecnologia.org/artigo/2016/09/08/geracao-y-e-z-os-6-maiores-desafios-para-a-educacao/>, acesso em 25 de outubro de 2017.
- Salomão, R. (2011) Universidades Corporativas – Petrobrás. XVI ENCEP – Encontro de Coordenadores de Engenharia de Produção. Joinville.
- Schwab, K. A quarta revolução industrial. Trad. Daniel Moreira Miranda. – São Paulo : Edipro, 2016.
- Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, G., Roth, G., Smith, B. (1999) A dança das mudanças. Trad. Bazán Tecnologia e Linguística. – Rio de Janeiro : Campus.
- Senge, P., Canbron-McCabe, N., Smith, B., Dutton, J., Kleiner, A. (2005) Escolas que aprendem: um guia da Quinta Disciplina para educadores, pais e todos que se interessam pela educação. Trad. Ronaldo Cataldo Costa. – Porto Alegre: Artmed.
- Senge, P., Scharmer, C.O., Jaworski, J. Flowers, B.S. (2008) Presença: propósito humano e o campo do futuro. Trad. Gilson César Cardoso de Souza; revisão técnica e conceitual Maria Cristina D'Arce. – São Paulo : Cultrix, 2007.
- Silveira, M.A.; Parise, J.A.R.; Campos, R; Almeida, N.N. Projeto LAPIN: um caminho para a implementação do aprendizado baseado em projetos. Anais: XXXVI – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. São Paulo: ABENGE, 2008.
- Slack, N. Chambers, S. Johnston, R. Operations management. 6ª ed. Essex – England: 2010.

# Project-Based Learning: A Study of the Experiences Implemented at the Engineering Campus of the Federal Rural University of Pernambuco

Marcos G. Ghislandi<sup>1</sup>, Rogéria Maria Rodrigues da Silva<sup>2</sup>, Waydja C. Correia<sup>2</sup>, Rodrigo de Paiva Cirilo<sup>1</sup>, José Fernando Dagnone Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Campus UACSA, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brazil*

<sup>2</sup>*Campus SEDE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil*

Emails: ghislandi@gmail.com, rodrigues102005@yahoo.com.br, waydja.correia@yahoo.com.br, rodrigocirilo@hotmail.com, jfdf@hotmail.com

## Abstract

This research paper discusses the first experiences developed in the engineering campus of the UFRPE, through the interdisciplinary work, using the methodology of Project Based Learning (PBL). The procedures elaborated for the implementation of the projects in the discipline of Engineering Topics, from the courses of Mechanical, Materials and Electronics Engineering, are detailed. For the evaluation of the methodology, questionnaires were used, at the end of the semester, aimed at students, in order to analyse the experience in its various dimensions. The results are based, above all, on students' perceptions about the process of implementation and evaluation of this experience.

**Keywords:** Project-Based Learning, Engineering Education, PBL process evaluation.

# Aprendizagem Baseada em Projetos: Um Estudo das Experiências Implementadas no Campus das Engenharias da Universidade Federal Rural de Pernambuco

Marcos G. Ghislandi<sup>1</sup>, Rogéria Maria Rodrigues da Silva<sup>2</sup>, Waydja C. Correia<sup>2</sup>, Rodrigo de Paiva Cirilo<sup>1</sup>, José Fernando Dagnone Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campus UACSA, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brazil

<sup>2</sup>Campus SEDE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil

Emails: ghislandi@gmail.com, rodrigues102005@yahoo.com.br, waydja.correia@yahoo.com.br, rodrigocirilo@hotmail.com, jfdf@hotmail.com

## Resumo

O presente artigo aborda as primeiras experiências desenvolvidas no *campus* das engenharias da UFRPE, através do trabalho interdisciplinar, utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). São detalhados os procedimentos elaborados para implementação dos projetos no componente curricular Tópicos de Engenharia, dos cursos de Engenharia Mecânica, de Materiais e Eletrônica. Para a avaliação da metodologia, foram utilizados questionários, no início e ao final do semestre letivo, voltados aos discentes, com o objetivo de analisar a experiência em suas várias dimensões. Os resultados baseiam-se, sobretudo, nas percepções dos estudantes sobre o processo de implementação e avaliação desta experiência.

**Palavras-Chave:** Aprendizagem Baseada em Projetos Interdisciplinares, Educação em Engenharia, ABP.

## 1 Introdução

O *campus* das Engenharias, ou Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) surgiu com o objetivo de fortalecer o processo de desenvolvimento dos polos empresariais e industriais de Pernambuco, como Suape e Goiana, através da formação de recursos humanos qualificados, oriundos dos cinco cursos de Engenharia oferecidos: Civil, Elétrica, Eletrônica, Mecânica e de Materiais.

As Metodologias Ativas são destinadas a motivar o educando a buscar e gerir seu próprio conhecimento na medida em que por meio de atividades práticas e desafios, ele aplica os conhecimentos teóricos adquiridos, resolve problemas e atua ativamente no seu processo de aprendizagem. O ensino é considerado *ativo* no momento em que possibilita ao aluno oportunidades de gerenciar sua aprendizagem, pesquisar, resolver problemas, tomar decisões e trabalhar cooperativamente. Nesse contexto, professor e aluno assumem papéis diferentes: o professor, antes detentor de conhecimento, torna-se facilitador e orientador (Bender, 2014), enquanto o aluno, se torna o *centro* do processo. Utilizada, inicialmente, nos cursos da área de Saúde, as metodologias ativas estão cada vez mais inseridas em outras áreas de formação, sendo a Engenharia uma delas.

Um conceito de Metodologias Ativas dado por Bastos (2006) diz que são “processos interativos de conhecimento, análise, estudos, pesquisas e decisões individuais ou coletivas com a finalidade de encontrar soluções para um problema.” Elas baseiam-se nas formas de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem por meio de experiências reais ou simuladas, em busca de soluções para os desafios propostos em diferentes contextos.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia de Materiais da UFRPE, a proposta de uma abordagem interdisciplinar no curso, decorre da ideia de que o ensino e a aprendizagem devem ser feitos de maneira ativa e contextualizada. Seguindo o modelo de formação da aprendizagem ativa (Christie & de Graaff, 2017), em que o estudante aprende fazendo, em julho de 2015 foram iniciadas, com apoio técnico de

professores colaboradores da Universidade do Minho, Portugal, as primeiras experiências utilizando-se o método ativo de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), ou Project Based Learning (PBL) na (UACSA). O aprendizado vem proporcionando oportunidades de desenvolvimento de vários projetos, entre eles, um protótipo veicular elétrico, um trocador de calor com fonte a energia solar, uma cadeira de rodas feita com materiais de descarte, um lançador de projéteis e o desenvolvimento de um robô catador de lixo.

O foco deste estudo serão as experiências vivenciadas especificamente nos componentes curriculares de Tópicos de Engenharia de Materiais IA, Tópicos de Engenharia Eletrônica II e Tópicos de Engenharia Mecânica III, com estudantes do 1º ao 3º período dos cursos de Engenharia de Materiais, Eletrônica e Mecânica. Serão apresentados dados de acompanhamento pedagógico e algumas etapas da execução do projeto ABP, incluindo uma breve abordagem sobre o método de ABP, os componentes curriculares envolvidos na execução do projeto, a avaliação da aprendizagem, as competências curriculares e transversais a serem adquiridas pelos discentes, os grupos de trabalho, a metodologia utilizada para a obtenção dos dados, resultados e conclusões.

Para a avaliação pedagógica da metodologia, foram utilizados questionários com questões abertas e fechadas, como principal instrumento de coleta de dados. Os resultados aqui apresentados abordarão sobretudo, as percepções dos estudantes em relação a um conjunto de aspectos essenciais para o desenvolvimento do ABP nos cursos de Engenharia, além da compreensão do processo de implementação da experiência e do seu impacto.

## 2 Contexto do Estudo

A Unidade Acadêmica no Cabo de Santo Agostinho (UACSA) surgiu através do processo de interiorização da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que inova para atender as demandas de cursos nas áreas das Engenharias e “a construção e disseminação do conhecimento e inovação, através de atividades de ensino, pesquisa e extensão atenta aos anseios da sociedade” (PDI/UFRPE, 2013, p. 29), iniciou suas atividades no segundo semestre de 2014.

A UACSA propõe o desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar com a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP ou PBL) e uma matriz curricular que objetiva oportunizar aos discentes egressos o acesso ao mundo do trabalho e uma formação humanística (Fernandes et. al., 2014). O desafio dessa proposta é, entre outros aspectos, a quebra de paradigmas históricos no que diz respeito às estratégias didáticas e às opções pedagógicas adotadas, uma vez que traz características marcadas pela preocupação com a interdisciplinaridade como fundamento para as práticas pedagógicas e com a formação integral dos sujeitos (Fernandes et. al., 2010).

A experiência com a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), na Uacsa tem ocorrido, prioritariamente, nos componentes curriculares de Tópicos de Engenharia, com apoio de outros componentes curriculares, com duração de um semestre. No presente trabalho, apresentaremos os projetos realizados junto aos cursos de Engenharia Mecânica, de Materiais e Eletrônica, entre 2015 e 2016. A Aprendizagem Baseada em Projetos tem sido vivenciada em cursos de engenharias de diversas universidades no Brasil e em outros países por proporcionar um ambiente interativo de trabalho em equipe, voltado para a resolução de problemas (Ribeiro, 2005), colaborando para o desenvolvimento de saberes essenciais à prática profissional e do discente (Alves et.al., 2009).

## 3 A primeira experiência de ABP na Engenharia Mecânica na UACSA

O componente curricular, Tópicos de Engenharia de Mecânica III é um componente obrigatório do curso de Engenharia Mecânica, oferecido na modalidade presencial, no 3º primeiro período do curso. A carga horária da disciplina é de 60 h/aula, com o total de 04 créditos e em 2016, a ABP foi incluída pela primeira vez no componente curricular.

O projeto tinha como objetivo a construção de um protótipo veicular movido à energia elétrica construído com materiais reciclados (Figura 1). Tal proposta mostrava-se estar inserida em um tema amplo e atual, uma



vez que a sustentabilidade tem se mostrado como uma grande preocupação dos atuais engenheiros juntamente com o uso de fontes de energia limpa e o reaproveitamento de materiais. O coordenador geral do projeto era o professor da disciplina de Tópicos para a Engenharia Mecânica III, disciplina destinada às vivências de projetos interdisciplinares no curso e pela organização dos grupos. Dada a complexidade do objeto de estudo as disciplinas de Tópicos para Engenharia Mecânica III, Cálculo III, Física III e Português III estariam em diálogo ao longo do semestre para alcance do objetivo proposto bem como o desenvolvimento das competências tratadas no *workshop* e aquelas relacionadas às disciplinas diretamente envolvidas no projeto.

Para que a metodologia fosse iniciada a coordenação do projeto elaborou um “Guia” que descrevia alguns dos aspectos associados à forma como se daria o projeto, seus objetivos e o material que seria disponibilizado antecipadamente. As equipes de discentes receberam nesse documento a definição dos pontos de monitoramento do projeto que incluía os seguintes requisitos:

1. Sessão Inicial do projeto com os discentes (*brainstorming* de soluções e ideias);
2. Project Charter / Plano do Projeto – Proposta inicial de construção do protótipo (que atenda aos objetivos do projeto);
3. Primeira apresentação formal do andamento do projeto (Modelagem, Caracterização, identificação de problemas e testes iniciais);
4. Segundo Relatório de andamento do projeto (relatório parcial de desenvolvimento do projeto e teste (I) preliminar do protótipo veicular elétrico- deve incluir resultados que têm avaliação nas disciplinas);
5. Segunda apresentação formal do andamento do projeto (apresentação formal do projeto e teste (II) do protótipo veicular - deve incluir resultados que têm avaliação nas disciplinas);
6. Entrega: Artigo final (6000 palavras) e *blog* construído ao longo do semestre, além do Protótipo;
7. Apresentação, Feedback e Discussão.

Do ponto de vista dos materiais disponibilizados antecipadamente, os discentes receberam um motor elétrico DC (corrente contínua) com alimentação nominal de 12 V. De forma resumida o protótipo veicular construído com esse motor teria que ser capaz de realizar duas tarefas: A primeira seria transportar um peso determinado (disco metálico de 100 g) por uma distância (em linha reta) de 100 metros no menor tempo possível; como segundo objetivo, o protótipo teria que transportar o maior peso possível (discos metálicos com peso inicial a 100 g) por uma distância (em linha reta) de 100m sem tempo determinado.

No Guia do projeto, os discentes também podiam observar que existiam algumas restrições e critérios a serem seguidos na elaboração do produto final - o protótipo veicular, esclarecimentos sobre a estrutura do relatório que deveria ser escrito na forma de um artigo mostrando a prospecção e planejamentos iniciais, detalhamento da construção do veículo e análise dos resultados obtidos, de acordo com os conteúdos de todas as disciplinas. Somando-se a isto, os discentes também teriam que construir um *blog* que apresentasse as etapas realizadas pelo grupo.



Figura 1. Protótipos veiculares movidos à energia elétrica.

Os espaços destinados especificamente para a construção do protótipo e elaboração do artigo eram as aulas semanais da disciplina de Tópicos para Engenharia Mecânica III, realizadas numa sala organizada com mesas circulares para o desenvolvimento do trabalho em equipe. Nessas aulas os discentes contavam com a presença



do coordenador do projeto e do tutor das equipes como forma de mediar o processo, tirar dúvidas e dar alguns encaminhamentos que julgassem necessários.

Em relação ao processo de avaliação somativa, os discentes foram avaliados de maneira contínua durante todo o semestre, considerando aspectos individuais (20% nota) e do trabalho em grupo, neste último caso considerando o projeto (60% nota) e o protótipo (20% nota). As atividades avaliativas foram diversificadas compondo a nota do grupo no projeto: plano inicial do projeto, a primeira apresentação, relatório parcial, a segunda apresentação e o artigo. A nota individual contou com avaliação pelos pares no início e no meio do semestre e, por fim, a nota do grupo pelo protótipo encerra a composição da avaliação, sendo realizada por testes no meio e no fim do período. As demais disciplinas que compõe o projeto realizaram seus processos avaliativos de acordo com as competências que foram trabalhadas durante o processo e que estavam presentes no Guia. Por se tratar de um projeto interdisciplinar, foi oportunizado aos discentes o desenvolvimento de um conjunto de competências transversais na gestão de projetos, de trabalho em equipe, desenvolvimento pessoal e comunicação. O desenvolvimento dessas competências transversais também foi avaliado.

### **3.1 Metodologia e avaliação dos resultados**

Com o interesse de compreender as ações que ocorrem em um ambiente no qual o ABP é a estratégia de ensino, especificamente para essa experiência de implantação do modelo e a verificação dos seus resultados, realizou-se uma investigação de abordagem qualitativa. Segundo (Tikunoff & Ward, 1980), a pesquisa qualitativa proporciona a possibilidade de vislumbrar o objeto de pesquisa, de vários modos e o que permite que isso aconteça são as técnicas de coleta propostas.

Como principal instrumento de coleta de dados, foi utilizado o inquérito por questionário, que consiste em formular perguntas diretamente aos sujeitos, utilizando como instrumento, entrevistas ou questionários. Utiliza-se geralmente esta técnica quando a investigação procura estudar opiniões, atitudes e pensamentos de uma dada população (Sousa, 2009).

A coleta de dados ocorreu no final do semestre letivo através de um questionário junto a 20 discentes do terceiro período do curso de Engenharia Mecânica. Nele, os estudantes respondiam as seguintes variáveis: tema do projeto, aprendizagens e competências desenvolvidas, trabalho em equipe, papel dos docentes, avaliação no projeto e projeto como metodologia de ensino-aprendizagem. Os discentes puderam responder a apenas uma das seguintes opções: 1 – discordo totalmente; 2 – discordo; 3 – Não tenho certeza; 4 – concordo; 5 – concordo totalmente em cada item temático, composto por diversos enunciados (modelo baseado na escala LIKERT). Os dados e discussão dos questionários fechados são discutidos em detalhes em outra publicação (Correia et. al., 2016)

Em seguida, também responderam de forma dissertativa sobre os aspectos positivos e menos positivos na aplicação do ABP, além de contribuírem com sugestões na implementação dessa metodologia. Tais temas favorecem a análise crítica sobre aspectos que compõe o ABP e oportunizam uma reflexão sobre a experiência vivenciada especificamente com os discentes do curso de engenharia da UACSA.

De acordo com a análise e com a sistematização dos dados recolhidos, é possível destacar um conjunto de dimensões relacionadas à organização do processo de implementação da metodologia, observar seus pontos positivos e menos positivos apontados pelos estudantes e suas implicações no processo de ensino e aprendizagem. A abordagem seguida para a análise dos dados baseou-se sobretudo numa perspectiva indutiva (Miles & Huberman, 1994), tentando identificar os temas emergentes nos discursos dos estudantes, a partir das dimensões consideradas estruturantes na metodologia ABP.

Concisamente, os resultados do questionário revelam que o trabalho em equipe, o exercício do relacionamento interpessoal e o desenvolvimento de competências transversais (autonomia, iniciativa e criatividade na criação do protótipo, capacidade de investigação, decisão, organização, resolução de problemas, gestão do tempo) são aspectos positivos de destaque, somados ao fato do ABP trazer possibilidade para que os discentes coloquem em prática os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso.

Foram apontadas como dificuldades para a ótima realização do projeto, a falta de materiais e locais de trabalho prático dados aos estudantes para o desenvolvimento do protótipo, a densa carga horária semestral e a má-adequação de algumas disciplinas envolvidas no projeto, bem como a falta de articulação entre elas. Informações mais detalhadas podem ser obtidas em (Correia et. al., 2016).

Nas questões dissertativas o trabalho em equipe foi apresentado pelos discentes no rol dos aspectos positivos, somando-se ao desenvolvimento das competências transversais e o fato do ABP trazer a possibilidades dos discentes colocarem em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso. Conforme podemos observar nos relatos abaixo:

*Trabalho em equipe, muitos alunos puderam se conhecer melhor e aprender mais principalmente no que se refere à organização e preparação do projeto de uma maneira mais acadêmica (apresentação, relatório e artigo).*

*Acredito que em termos de aspectos positivos, posso considerar o desenvolvimento de características que todo profissional deveria ter, como por exemplo, paciência, entrega em prazo, etc...*

*Por em prática o conhecimento na área da engenharia mecânica.*

(Questionário de Avaliação Final)

Em relação aos aspectos menos positivos foram mencionados: a falta de instrumentos e condições dadas aos discentes para o desenvolvimento do protótipo, a divisão dos grupos realizada pela coordenação e a vivência de situações difíceis com algum participante da equipe. Além disso: a dificuldade em administrar o tempo considerando a matriz curricular com muitas disciplinas e a necessidade de um tempo maior que a aprendizagem por projeto exige. Encontramos alguns exemplos desses aspectos avaliados como menos positivos nos relatos abaixo:

*Falta de instrumentos e laboratórios levando os alunos a trabalhar fora da universidade, ir buscar outros locais.*

*Apesar de trabalhar em grupo ser algo positivo, para mim em partes foi algo negativo em muitos momentos pelo fato de termos sido colocados em grupos específicos escolhidos pelos docentes. A irresponsabilidade de alguns foi carga demasiada para mim em um período tão exaustivo quanto este último que tivemos.*

(Questionário de Avaliação Final)

Como sugestões para as melhorias apresentadas pelos discentes, verificamos: melhor divisão dos grupos, revisão dos termos das restrições e o tempo que o projeto demanda. Uma hipótese no primeiro caso é a permanência dos grupos que já existem na realização do projeto considerando a afinidade existente como fator colaborador para a realização das atividades. Além disso, sugeriram que os docentes dessem um maior suporte durante o projeto, a realização do projeto nos períodos anteriores ao III período do curso e a possibilidade de haver oficinas de formações durante o processo. Conforme podemos verificar através das respostas apresentadas a seguir:

*Na minha opinião, a ideia do ABP é muito boa. Com certeza será de grande incentivo e ajuda no desenvolvimento crítico e profissional. No entanto, se tratando de melhorias, acredito que os critérios para a construção dos protótipos estejam ainda mais claros. Outra sugestão que gostaria de dar é que as divisões dos grupos fossem deixadas em aberto para que nós mesmos escolhêssemos, tendo em vista que o não interesse de alguns traz desânimo ao restante do grupo. Entendo os objetivos da divisão, mas o fato de termos a obrigatoriedade de estarmos com todas as pessoas do grupo do começo ao final, mesmo que elas não estejam trabalhando, faz com que a proposta não seja tão animadora.*

(Questionário de Avaliação Final)

De fato, podemos observar que o trabalho de colaboração é uma das características fundamentais inerentes ao ABP, apresenta-se como uma das competências que a metodologia desenvolve nos discentes e a construção de um resultado compartilhado é de extrema importância, uma vez que ao final a responsabilidade é de todos os envolvidos.

### 3.2 Resultados e conclusões parciais

A experiência do ABP no curso de Engenharia Mecânica da UACSA representa uma contribuição significativa no alcance dos objetivos idealizados através do seu perfil inovador e interdisciplinar, nomeadamente no que

se refere aos processos de ensino e aprendizagem centrados na aprendizagem do estudante e ainda às mudanças desejáveis ao nível do trabalho dos docentes. Os resultados deste estudo alertam para uma reflexão acerca da importância do trabalho com a aprendizagem ativa e colaborativa, envolvendo todas as partes que constituem a comunidade acadêmica, professores, estudantes e gestores.

Para vencer todos os desafios que aparecem com a implementação de uma nova metodologia de ensino/aprendizagem, é essencial o desenvolvimento de um modelo de gestão de ensino e do corpo docente envolvido, além de uma revisão na matriz curricular. Além disso, uma maior interação entre os docentes, discentes e gestores contribui para o trabalho num ambiente agradável, dinâmico e produtivo para a formação do profissional em engenharia. A função da coordenação do curso, dos gestores institucionais e dos docentes deverá estar continuamente em discussão e análise crítica visando atingir os objetivos propostos. A expectativa é que a metodologia empregada possa se tornar uma nova ferramenta no ensino superior de engenharia, através de seus métodos ativos, os discentes aprendam maior volume de conteúdo de forma significativa e aproveitem as aulas com mais satisfação e prazer.

Esta atividade tem promovido o interesse dos discentes pelo próprio aprendizado ao terem contato com a aplicabilidade dos conceitos aprendidos no curso, além de desenvolver nos mesmos um senso crítico e empreendedor, possibilitando exercitarem suas capacidades de trabalhar em grupo, analisar e solucionar problemas e de planejar experimentos, simulando as situações encontradas no dia-a-dia pelos engenheiros. A solução desenvolvida pelos discentes foi construída através da interação com os colegas para a troca de conhecimentos e experiência, com a orientação e supervisão da equipe de coordenação e também do tutor responsável pela monitoria.

Do ponto de vista de quem conduziu a atividade, foi possível perceber maior motivação, comprometimento e entusiasmo por parte dos discentes para estudar o assunto abordado, se comparado ao comportamento observado em aulas exclusivamente expositivas. Também se observou a atitude mais ativa para a pesquisa de soluções para o problema proposto. A aplicação de um questionário no final da atividade possibilitou observar a percepção dos discentes quanto ao método utilizado.

Embora se tenha verificado a necessidade de maior diálogo entre os conteúdos das disciplinas do período e adequações mais substanciais no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), a ABP, enquanto metodologia de ensino-aprendizagem no curso de Engenharia Mecânica atendeu às principais expectativas e colaboraram para a integração, socialização e aprendizagem dos discentes.

## **4 A experiência de ABP na Engenharia de Materiais na UACSA**

O Projeto proposto no componente curricular Tópicos de Engenharia de Materiais 1A/UAC00183 apresentou uma situação real que foi a construção de uma cadeira de rodas feita com materiais recicláveis. O protótipo deveria se adequar a requisitos como, o uso de materiais oriundos de descarte, reciclagem ou reutilização, modelo ergonômico, durabilidade e baixo custo de produção (Figura 2). Os discentes deveriam desenvolver algumas competências de aprendizagem dos componentes curriculares direta e indiretamente envolvidos no projeto. Além da cadeira de rodas, deveriam entregar um relatório, um artigo e fazer três apresentações que seriam objeto de avaliação. O cronograma do projeto previa aulas semanais e atividades práticas em horários livres. Os pontos de controle utilizados seguiram a mesma sequência apresentada no capítulo 3.

O componente curricular, Tópicos de Engenharia de Materiais 1A/UAC00183 é um componente obrigatório do curso de Engenharia de Materiais, oferecido nas modalidades presencial e EAD, no 1º primeiro período do curso. A carga horária da disciplina é de 90 h/aula, sendo 30 h/aula em EAD, com o total de 04 créditos e em 2016, a ABP foi incluída pela primeira vez num componente curricular de primeiro período. A turma em estudo tinha 58 discentes matriculados.

Dentre os conteúdos apresentados na Ementa, temos o Histórico da Engenharia de Materiais e o Sistema CREA – CONFEA, as Áreas e atribuições da Engenharia de Materiais, as Formas de organização e dinâmicas do trabalho, as Metodologias para desenvolver e conhecer a aprendizagem, a Aprendizagem Ativa, no formato de Aprendizagem Baseada em Projeto (*"Project Based Learning"* - PBL), a Contextualização por projeto

interdisciplinar de ensino/aprendizagem: motivação, liderança, relações interpessoais, Visita/Projeto junto às empresas e Atividades de Ensino a Distância (EAD).

Com relação às atividades EAD em Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), estas ocorreriam de forma sistemática, através de leituras, vídeos, fóruns e a construção e alimentação de um *blog* por cada equipe, objetivando descrever passo a passo todas as etapas do projeto.

Como objetivos, o referido componente curricular visava analisar sistemas, produtos e processos ligados à produção e aplicação dos materiais e fornecer noções de pesquisa, produção, inspeção e controle de qualidade. Encontra-se ainda nos objetivos, a importância de iniciar o desenvolvimento de uma visão crítica sobre o processo de fabricação, suas etapas, levando-se em conta o cumprimento de normas e especificações técnicas, além de reconhecer a importância da qualidade da produção e da pesquisa na proposição de soluções no processo industrial. Dentre os métodos de ensino listados no Plano de Ensino entregue à Coordenação Geral dos Cursos de Graduação (COGER/UACSA), encontram-se aulas expositivas, seminário, leitura dirigida, trabalho de campo.

A ABP de Materiais adotou como critério de avaliação que a nota individual do discente seria obtida a partir da nota do grupo no projeto, sendo aplicado um fator de correção individual (FC) dentro do grupo. O Fator de Correção individual (FC) da nota de grupo foi obtido pelos processos de autoavaliação e de avaliação pelos pares, realizadas ao final do semestre.

O Guia orientava para que a nota de grupo no projeto resultasse da avaliação de um conjunto de elementos, constituindo o Produto Final. Os elementos e critérios de avaliação foram divididos em Relatório 1+ Relatório Final com valores de 20% e 50%, respectivamente. A soma dos dois relatórios representaria 70% da nota, ficando os 30% restantes destinados às apresentações.



Figura 2. Cadeiras de Rodas construídas com material de descarte.

Nos relatórios seriam avaliados sete tópicos diferentes: adequação do trabalho aos objetivos, estrutura do relatório, fundamentação e rigor conceitual, capacidade de reflexão e análise crítica, formatação e apresentação gráfica, respeito pelas regras de produção acadêmica, cumprimento de prazos e condições de entrega. Além disso, na avaliação do segundo relatório (Relatório Final), seria levado em consideração a capacidade de resposta às orientações do tutor e docentes envolvidos no projeto, no momento da apresentação do Relatório 1.

Com relação às apresentações, houve pesos diferentes para cada etapa. Assim, a primeira apresentação valeu 5%, a segunda 10% e a apresentação final, 15%. O projeto previa ainda um componente em forma de bônus suplementar relativo à publicação e apresentação oral de um artigo, com peso de 5%. A ideia visava motivar os grupos a escreverem e apresentarem um artigo em conferência científica.

#### 4.1 Competências específicas dos componentes curriculares de apoio direto

De acordo com o Guia do ABP 2016.1, algumas competências específicas dos componentes curriculares de apoio direto ao projeto deveriam ser adquiridas durante o semestre (Quadro 1). Os componentes de apoio direto escolhidos foram Desenho Técnico 1, Português Instrumental 1 e Física Geral 1.

Quadro 1- Componentes de apoio à ABP, carga horária e competências para 2016.1

Componentes curriculares de Apoio à ABP	Carga horária da disciplina	Competências a serem adquiridas ao longo do semestre
Desenho Técnico 1 UAC00007	60	Noções do processo de design de um produto Princípios de ergonomia
Física Geral 1 UAC00009	45	Domínio dos sistemas de Unidades Compreensão de Análise Dimensional Prever alguns resultados usando os conceitos de cinemática e/ou mecânica Newtoniana. Utilizar as leis de Newton a fim de explicar o comportamento estático e dinâmico dos diferentes componentes mecânicos do projeto. Analisar as interações físicas entre os componentes mecânicos bem como o resultado destas interações sobre o repouso ou o movimento dos mesmos.
Português Instrumental 1 UAC00022	30	Compreender e produzir discursos orais formais e públicos. Interagir verbalmente de uma forma apropriada em situações formais e institucionais. Ser um leitor fluente e crítico. Usar de forma multifuncional a escrita, com correção linguística e domínio das técnicas de composição de vários textos, tais como: ata de reunião, e-mail, carta comercial e etc. Assumir o papel de ouvinte atento, de interlocutor e locutor cooperativo em situações de comunicação que exijam algum grau de formalidade.

No quadro 2, temos as ementas dos componentes de Apoio em que se verifica que alguns conteúdos não parecem alinhados às competências esperadas, gerando uma limitação da interdisciplinaridade. O alinhamento entre conteúdos estudados e a proposta da ABP, torna-se imprescindível a fim de que a execução do projeto receba suporte teórico em sala de aula, por meio dos componentes curriculares envolvidos, capazes de promover um ensino integral e não fragmentado.

Quadro 2 - Componentes de apoio à ABP e Ementas

Componentes curriculares de apoio à ABP	Ementas
Desenho Técnico 1 UAC00007	Material de desenho. Geometria Descritiva. Normas técnicas. Aplicação de escalas. Projeções ortogonais. Perspectivas. Cortes. Técnicas de cotagem. Projeto Arquitetônico.
Português Instrumental 1 UAC00022	Noções de texto e linguagem. Gêneros textuais, tipos textuais, suporte textual e domínios discursivos. Ortografia, acentuação gráfica e notações léxicas. Elaboração de relatórios de visita técnica. Noções de ABNT: tipos de citação (direta e indireta, citação de citação etc.) e referência. Processos de sumarização de textos: tópico frasal, elaboração de parágrafos. Gêneros textuais escritos: resumo e resenha. Gêneros orais: seminário e debate.
Física Geral 1 UAC00009	Sistemas de unidades; Análise dimensional; Vetores; Cinemática; Três leis de Newton; Lei de conservação da energia; Sistemas de partículas; Colisões; Movimento de rotação; Conservação do momento angular.

## 4.2 Metodologia e avaliação utilizadas

O acompanhamento, registro e análise do método de ABP, na turma de Engenharia de Materiais foram feitos por meio de pesquisa de campo, utilizando como técnicas de coleta de dados a observação e o questionário.

Em relação ao primeiro questionário, respondido por 25 discentes, foi aplicado no início do semestre com seis questões fechadas de conhecimentos prévios sobre o método ABP, conforme especificadas no quadro 3. Ao final do semestre, um segundo questionário, com uma questão aberta, foi respondido por 44 discentes e visava descobrir o entendimento discentes sobre a ABP.

Quadro 3- Questionário de conhecimentos prévios acerca do método ABP aplicado aos alunos do curso de Engenharia de Materiais, no componente curricular Tópicos de Engenharia de Materiais IA.

	Perguntas	Sim	Não	Indecisos
1	Você acredita que a aprendizagem por meio da metodologia ABP é mais eficaz?	24	----	1
2	Você considera a utilização do método ABP no primeiro período do curso de Engenharia de Materiais importante?	17	5	2
3	Você consegue visualizar inter-relação entre os conteúdos das disciplinas do período com o projeto do ABP?	16	7	2
4	Na sua opinião, existe alguma desvantagem para a sua aprendizagem na utilização do método ABP?	12	13	----
5	Os recursos utilizados (materiais, humanos, financeiros) para a realização do projeto proposto pela disciplina Tópicos de Materiais Ia, por meio do método ABP são satisfatórios?	16	8	1
6	Você considera importante a utilização desse método em outras disciplinas, outros períodos e outros cursos?	22	2	----

Após análise dos dados, verificou-se na primeira pergunta do questionário que a maioria respondeu acreditar na eficácia do método por meio da ABP. Com relação à questão 4, houve um nivelamento entre os que vêem desvantagens na estratégia de ensino utilizada e os que não vêem. Dentre as desvantagens, as mais recorrentes



referiam-se à falta de conhecimento técnico, a pouca maturidade dos discentes em início de curso, ao número de componentes curriculares no primeiro semestre, à falta de estrutura e principalmente, à falta de correlação entre o projeto e os demais componentes curriculares.

O segundo questionário, foi respondido por 44 discentes e buscava saber a opinião dos mesmos ao final do projeto e verificou-se que 91% dos discentes têm um entendimento claro acerca da metodologia, reconhecendo-a como uma metodologia baseada na resolução de problemas, através de projetos e que auxilia na aprendizagem, com grande contribuição para a formação dos futuros engenheiros.

Seguem alguns trechos das falas dos estudantes a respeito da ABP:

*“Metodologia nova que ajuda o desenvolvimento do discente. Visão ampla de análise, participar de situação real de desenvolvimento de um projeto.”*

*“Método de ensino baseada na resolução de problemas propostos através de projetos.”*

*“Ótimo modelo de aprendizagem, principalmente para estudantes de engenharia.”*

A partir da análise das respostas abertas, observou-se a citação de várias competências transversais a serem adquiridas com o projeto, tanto das sugeridas no Guia ABP, quanto de outras que não estavam neste documento, mas possuem igual importância para o crescimento profissional do estudante. As respostas foram dadas sem que o termo “competência” fosse sugerido, o que leva a concluir a percepção discente com relação à importância do método para o desenvolvimento de tais competências. Os aspectos pedagógicos mais mencionados foram o desenvolvimento de *atividades práticas* e *idéias*. As competências transversais mais mencionadas pelos discentes foram o *trabalho em equipe*, a *criatividade* e *relação interpessoal*.

### 4.3 Resultados e conclusões parciais

O encerramento do Componente curricular Tópicos de Engenharia de Materiais IA ocorreu com a apresentação dos projetos, incluindo o relato das experiências vivenciadas, os desafios encontrados ao longo do processo e principalmente o enriquecimento proporcionado pela estratégia de ABP. Na ocasião, 08 cadeiras de rodas *construídas com materiais provenientes de descarte* foram testadas e expostas no pátio da unidade.

Quanto aos materiais de descarte utilizados cita-se o alumínio, ferro, plástico e madeira. A maioria dos grupos utilizou rodas de bicicleta, mas houve ainda rodas de carros de bebê, supermercado, cadeira de rodas em desuso e pneus. Na construção das cadeiras, foram também usados tecidos, espumas e estofados.

Além dos materiais de descarte já apresentados, os grupos usaram ainda engrenagem e protetor de corrente de bicicleta, cadeira plástica, câmara de ar, chapa de aço, tubulações de alumínio, guidão e garfo de bicicleta, engrenagem e rodas de cadeira de rodas em desuso, ferragens, assento de cadeira de escritório, varões de ferro, canaletas, hastes cilíndricas, cadeira de escritório, dobradiças, parafusos, ferrolho, tinta spray, pregos, verniz, porcas e arruelas.

Segundo a literatura pesquisada, um problema é resolvido quando uma situação incerta é esclarecida, mobilizando conhecimentos e procedimentos por parte daquele que a soluciona, levando à reorganização da estrutura cognitiva, ou seja, um aprendizado (Freire & Silva, 2003). Apesar das dificuldades vivenciadas e do ineditismo da ação para uma turma de primeiro período, a aprendizagem se concretizou, os conhecimentos foram construídos em grupo ou individualmente, tendo algumas competências acadêmicas e transversais alcançadas e o projeto concluído.

A partir da experiência de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) vivenciada no curso de Engenharia de Materiais/UACSA e relatada neste trabalho, pode-se constatar as importantes contribuições que a metodologia oferece à formação do profissional de engenharia por meio de conhecimentos prévios ou adquiridos, das atividades práticas e da pesquisa. Salienta-se a necessidade de maior integração dos conteúdos curriculares com o projeto de ABP, visando uma formação integral por meio de aquisição de competências acadêmicas e transversais, tão importantes para o sucesso profissional e humano.



## 5 A experiência de ABP na Engenharia Eletrônica na UACSA

### 5.1 Uma introdução à estratégia FlexQuest

A FlexQuest consiste em uma estratégia de ensino formulada por Leão et al. (2006), baseada na adaptação das WebQuests a partir da Teoria da Flexibilidade Cognitiva - TFC, onde um determinado tema é desconstruído em menores partes, denominados casos e mini casos, para que se possam fazer estudos mais aprofundados em determinados assuntos. Espera-se que, com a imersão nesses conteúdos, o conhecimento adquirido possa ser aplicado em vários contextos, configurando assim a flexibilidade cognitiva.

Para facilitar e auxiliar alunos e professores na aplicação da estratégia, as proposições acima descritas foram organizadas em uma plataforma na web, também chamada de FlexQuest. Na ferramenta, casos e minicasos podem ser elaborados a partir de conteúdos disponíveis na internet, assumindo um formato de texto, vídeo ou figura.

Construir projetos de forma interdisciplinar requer que vários aspectos de uma mesma temática sejam analisados. A partir dos desmembramentos de um tópico, aumentam-se as possibilidades para a promoção de um estudo mais abrangente, agregando componentes curriculares que possam contribuir para as soluções de um projeto. Cirilo et al. (2017) aponta, em recente estudo, a viabilidade e compatibilidade entre as FlexQuest e a ABP, haja vista a forma como coadunam seus elementos essenciais, o caráter interdisciplinar e a aplicação de conhecimentos em diferentes contextos.

### 5.2 O contexto da pesquisa e a proposta de integração entre as fases do ABP e a FlexQuest

Como exemplo claro disso, podemos citar a disciplina Tópicos de Engenharia Eletrônica 2, a qual contém aproximadamente 50 estudantes. Nela, é possível visualizar a pedagogia de projetos sendo executada na prática, por meio do desenvolvimento de um robô catador de lixo, produto gerado a partir da proposta (ver Figura 4). A escolha por esse projeto se deu a partir da vontade dos próprios alunos, inspirados em um filme de ficção, que em seu roteiro desenvolve a história de um robô criado no ano de 2100 para limpar a Terra coberta por lixo, destacando, assim, sua nítida preocupação ambiental.

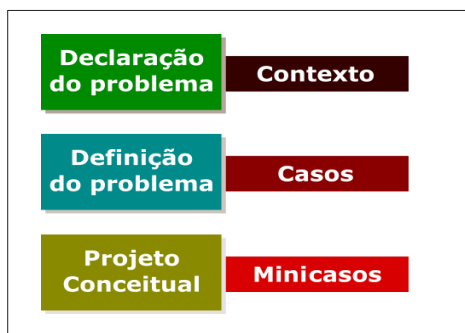


Figura 3. Aproximação entre as fases da ABP e as FlexQuest.

Visando concatenar os entendimentos dispostos no marco teórico deste artigo com o enredo presente no filme, pode-se sugerir a estruturação de FlexQuest como uma das etapas necessárias para a construção de aprendizagens, tendo como base a estruturação de projetos. A Figura 3 traz um diagrama, no qual é possível visualizar os momentos de aproximação entre as FlexQuest e a ABP.

Uma vez que o filme busca discutir algumas implicações sobre o mau uso da tecnologia para a vida na Terra, como também a transformação do planeta em uma região inabitável, uma FlexQuest poderia ser elaborada visando o aprofundamento das questões científicas, sociais e ambientais; logo, o filme representaria o contexto, como forma de declarar o problema. Para tal, deve-se debruçar sobre os casos de acordo com o entrelace entre o desenvolvimento tecnológico e três das dimensões abarcadas pela sustentabilidade: a ambiental, a social e a econômica.

Um primeiro caso, denominado “Caso Ambiental”, pode dar conta da questão do lixo na sociedade brasileira. Os debates emanariam como consequência das impressões retiradas do vídeo “Lixo eletrônico no Brasil - Caminhos da Reportagem” (disponível em [https://youtu.be/gYk\\_ssODOiA](https://youtu.be/gYk_ssODOiA)). Neste, seriam exploradas, através de minicasos, questões como resíduos eletrônicos, eficiência energética, proteção ambiental e modos como a tecnologia pode contribuir com a questão ambiental de forma geral. Certamente, apontamentos em relação a circuitos elétricos, eletromagnetismo, pilhas e baterias, contaminação do solo e do ar surgiriam naturalmente.

O texto “A atualidade chocante de Admirável Mundo Novo” – romance do autor Aldous Huxley (1932) – (disponível em <http://outraspalavras.net/posts/a-atualidade-chocante-de-admiravel-mundo--novo/>) pode servir de aporte para a criação do segundo caso da FlexQuest, denominado “Caso Social”. A discussão sobre vidas talhadas pela tecnologia, a questão das redes sociais, a busca da felicidade através do uso da tecnologia, entre outros assuntos, fariam emergir conteúdos como o Fordismo e o Positivismo, constantes da ementa da disciplina Tópicos de Engenharia Eletrônica 1.

O “Caso Econômico” seria, então, o último caso, no qual seria utilizado o texto “Meio ambiente, consumo e lixo eletrônico: antes que a Terra vire uma ‘e-mundície’”(disponível em <https://terragaia.wordpress.com/2011/06/05/meio-ambiente-consumo-e-lixo-eletronico-antes-que-a-terra-vire-uma-e-mundicie>). Neste, os minicasos devem suscitar debates sobre a eletrônica de consumo, princípios do desenvolvimento sustentável, e os custos decorrentes do desenvolvimento econômico em relação à tecnologia e à questão ambiental.

Pode-se perceber na proposta que há, entre os casos e minicasos temas que atuam de modo transversal e, entre eles, o modo como a engenharia lida com as questões ambientais, sociais e econômicas, o uso de tecnologias a fim de desenvolver soluções em cada uma dessas dimensões, além de uma possível harmonia das relações ambiente – economia – sociedade numa provável proposição de um desenvolvimento de forma sustentável. Cada um desses assuntos denota, segundo a estratégia proposta para o desenvolvimento das FlexQuest, os processos mobilizadores de recursos.



Figura 4. Robô catador de lixo desenvolvido durante projeto ABP.

No que diz respeito às tarefas, a primeira delas pode ser a realização das atividades relacionadas ao funcionamento e apresentação do robô, de acordo com os requisitos e restrições definidos no projeto. Na oportunidade, deve ser solicitado aos alunos que montem uma apresentação comercial do artefato em vídeo ou *slides*, de forma que exponham as dimensões ambientais, sociais e econômicas dos projetos. A avaliação deve ser realizada por etapas, mediante a apresentação de cada um dos produtos dos projetos realizados pelos alunos, constituindo um debate sobre os procedimentos realizados no andamento de sua execução, a importância da discussão sobre os requisitos e restrições do projeto, a elaboração dos robôs e sua contribuição para o desenvolvimento do projeto. A interdisciplinaridade se apresentará, de forma mais evidente, no momento em que os robôs estiverem prontos para executar as atividades definidas no projeto, pois demonstrará a mobilização na integração dos diferentes saberes necessários para a construção dos conhecimentos dos alunos.

### 5.3 Resultados e conclusões parciais

A utilização da estratégia FlexQuest em uma sequência didática aplicada em projetos se apresenta tanto viável como complementar. A viabilidade é assegurada através da apresentação, no decorrer da sequência, de uma abordagem interdisciplinar, tendo como aporte a adoção de ferramentas de caráter Web 2.0 e sua capacidade de interação e colaboração, como também o estímulo a processos de questionamento. Já a complementaridade diz respeito ao entrelace viável entre a Flexibilidade Cognitiva e a Aprendizagem Baseada em Projetos para promover situações que contribuam com o desencadeamento do conhecimento científico.

A proposta desenvolvida na Engenharia Eletrônica dinamiza o processo pedagógico em dois contextos: a estruturação de uma sequência para explanação dos conteúdos e um favorecimento da abordagem interdisciplinar do tema central do projeto. No que se refere à estruturação da sequência de ensino, apoiada sob as dimensões do desenvolvimento sustentável, a proposta se comporta como um norteador de discussões, promovendo processos de questionamento para cada um dos temas discutidos em sala de aula.

## 6 Resultados e conclusões finais

OABP trouxe um ambiente mais dinâmico e motivador para o discente, possibilitando que colocassem em prática os conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso, e promovendo maior interesse através do contato com a aplicabilidade dos conceitos, além de desenvolver nos mesmos um senso crítico. Quanto aos benefícios para o professor, percebe-se a ampliação de seu campo de atuação conduzindo o discente na pesquisa e no processo lógico de tomada de decisão. Percebe-se que o uso do ABP como metodologia de ensino cumpre o seu papel de atender aos objetivos propostos para uma aprendizagem ativa e o desenvolvimento de sujeitos críticos e reflexivos. Dessa forma, a partir do estudo proposto, observa-se a possibilidade e demanda para o desenvolvimento e aplicação do ABP desde os períodos iniciais nos cursos de Engenharia da UACSA.

Entende-se que as principais dificuldades apresentadas pelos discentes para o desenvolvimento da metodologia encontrasse relacionadas ao fato muito particular da UACSA, uma vez que a Unidade ainda está em fase inicial de suas atividades acadêmicas e com suas instalações provisórias, em um ambiente não favorável a esse tipo de método de ensino. A falta de espaços mais específicos, como um laboratório com ferramentas e outros tipos de materiais necessários para a construção dos protótipos, dificultou o processo de produção e um melhor aproveitamento acadêmico.

A proposta de ABP nas engenharias tem contribuído positivamente para ampliar a visão dos estudantes em relação ao seu futuro profissional. Entretanto, se fazem necessários ajustes na estruturação e condução dos projetos, como a criação de espaços exclusivos para a execução das tarefas e, principalmente, a busca de conexão entre docentes das diversas áreas, promovendo a prática interdisciplinar, visando dirimir a fragmentação dos conteúdos para promover uma aprendizagem integrada e plena.

## 7 Referências

- Alves, A., Moreira, F., Sousa, R., Lima, R.M. (2009). Projectos para a aprendizagem na engenharia e gestão industrial. Departamento de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Actas do X Congresso Internacional Galego Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho.
- Bastos, C.C. Metodologias ativas. 2006. Disponível em: <<http://educacaoemedicina.blogspot.com.br/2006/02/metodologias-ativas.html>>. Acesso em: 05/05/2016.
- Bender, W. N. (2014) Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso. 156p.
- Christie, M., & de Graaff, E. (2017). The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 5-16. doi:10.1080/03043797.2016.1254160.
- Cirilo, R. P., Cleophas, M. G., Leao, M. B. C. (2017). Proposta De Integração Entre A FlexQuest e a Aprendizagem Baseada Em Projetos. *Ensenanza de Las Ciencias*, v. Extra, p. 1753-1758.
- Correia, W., Ghislandi, M. G., Lima, R., Mesquita, D., Amorim, M. (2016) The project-based learning experience of a new engineering campus from the perspective of the students. *International Symposium on Project Approaches in*

- Engineering Education, 2016, Minho. International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2016. v. 6.
- Fernandes, S., Flores, M. A., Lima, R. M. (2010). A aprendizagem baseada em projectos interdisciplinares: avaliação do impacto de uma experiência no ensino de engenharia. *Avaliação*, 15(3), 59-86.
- Fernandes, S., Mesquita, D., Flores, M. A., Lima, R. M. (2014). Engaging students in learning: findings from a study of project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 39(1), 55-67. doi: 10.1080/03043797.2013.833170
- Freire, M.S., Silva, M. G. L. Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos em Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 12, N° 1, 191-208 (2013).
- Freitas, V. P. Mudança no processo ensino-aprendizagem nos cursos de graduação em odontologia com utilização de metodologias ativas de ensino e aprendizagem. *RFO*, v.14, n. 2, p. 163-167, maio/agosto 2009.
- Leão, M. B. C., Neri de Souza, F., Moreira, A., & Bartolomé, A. (2006). Flexquest: Uma Webquest con aportes de la Teoria de la Flexibilidad Cognitiva (TFC). In V. M. Javi (Ed.), *TICs y MCS en la articulación UNSa-polimodal. Aportes y Perspectivas* (1ª ed., pp. 129-143). Salta, Argentina: Universidade Nacional de Salta.
- Miles, Matthew B., Huberman, Michael. (1994). *Qualitative data analysis. An expanded source book*. Thousand Oaks: Sage.
- PDI/UFRPE (2013,). Plano de Desenvolvimento UFRPE 2013-2020. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Retrieved from: [http://ww4.ufrpe.br/download.php?endArquivo=noticias/4616\\_PDI-2013-2020-CONSU.pdf.txt.pdf](http://ww4.ufrpe.br/download.php?endArquivo=noticias/4616_PDI-2013-2020-CONSU.pdf.txt.pdf).
- Powell, P. C., Weenk, W. (2003). *Project-led engineering education*. Utrecht: Lemma Publishers.
- Ribeiro, L. C. (2008). *Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior*. São Carlos: EdUFSCar.
- Sousa, A. (2009). *Investigação em educação*. 2ª Ed. Lisboa: Livros Horizonte.
- Tikunoff, W., Ward, B. (1980). *Interactive Research and Development on Teaching*. San Francisco: Far West Laboratory for Educational Research and Development.

# PBL in the first year of an Industrial Engineering and Management program: a journey of continuous improvement

Anabela C. Alves<sup>1</sup>, Francisco Moreira<sup>1</sup>, Sandra Fernandes<sup>2</sup>, Celina P. Leão<sup>1</sup>, Rui Sousa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ALGORITMI Centre, Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Guimarães, Portugal

<sup>2</sup> Department of Psychology and Education, Portucalense University, Porto, Portugal

Email: [anabela@dps.uminho.pt](mailto:anabela@dps.uminho.pt), [fmoreira@dps.uminho.pt](mailto:fmoreira@dps.uminho.pt), [sandraf@uportu.pt](mailto:sandraf@uportu.pt), [cpl@dps.uminho.pt](mailto:cpl@dps.uminho.pt), [rms@dps.uminho.pt](mailto:rms@dps.uminho.pt)

## Abstract

The Integrated Master Degree in Industrial Engineering and Management (IEM) at the School of Engineering of the University of Minho has been introducing Project-Based Learning (PBL) since the year 2004 and it is now in its 14<sup>th</sup> edition. This is a long time-frame that allowed to consolidate the model. Nevertheless, there is always space for improvement, considering that this learning process is evaluated every year by both teachers and students, in an open and critical free thinking environment. Based on this, it is time to understand the main changes that have happened over the years, since the first implementation. Studying the entire time-frame is a titanic task, so the authors decided to present, for the purpose of this paper, only the changes for the period of 2010-11 to 2016-17 (i.e. seven editions) applied in the PBL model of the first year of the IEM program. The main aspects that will be compared along the different editions will be the courses involved, the coordination team, the inclusion of the project in each course's curriculum, the number and type of tutors involved, the assessment model and the milestones considered. A document analysis, the authors' own experiences and the previous results from PBL evaluation surveys carried out to students are the main methods for data collection. The results show that the PBL model in the IEM program is being refined and adapted in order to promote, not only the best learning experiences for students, but also their continuous motivation to learn. Despite the good results achieved, a greater effort is needed.

**Keywords:** Engineering Education; Active Learning; Project-Based Learning; Industrial Engineering and Management program, continuous improvement.

## 1 Introduction

Active learning is considered central for the transformational teaching happening in many courses of universities that are changing curricula to better prepare engineers for current issues (Zhang, Zimmerman, Mihelcic, & Vanasupa, 2008). This transformational teaching is supported by a different paradigm, the one from the teacher centred to student-centred learning environment that benefits from peer-to-peer networks and emphasizes collaboration, team balance and individual performance. Teacher's role is more of a mentor and coach, devising and promoting the conditions for significant learning. This also implies being concerned all the time with continuous improvement of these conditions because there is no perfect recipe to achieve this type of learning. Continuous improvement is a keyword in the Lean context and it means being unsatisfied, all the time, with the status quo, in order to identify and solve problems (Alves, Dinis-Carvalho, & Sousa, 2012). Nevertheless, a lot of education organizations have been applying this same term in order to work more efficiently and effectively (Park, Hironaka, Carver, & Nordstrum, 2013).

One important active learning methodology is the designated Project-Based Learning (PBL), that has been implemented in many universities across the world (Guerra, Ulseth, & Kolmos, 2017). Nevertheless, each PBL model is a different model because it must fit particular contexts and cultures. Even in the same context, the PBL model should be rethought all the time as a continuous learning, every day in every action performed in the project development, involving and engaging all the stakeholders of the learning process.

This learning phenomenon happened since 2004-05 in the Integrated Master Degree of Industrial Engineering and Management (IEM) at the School of Engineering of the University of Minho, which has implemented PBL since then in different curricular years (Lima et al., 2017). The continuous concern of the coordination team (teachers, researchers, tutors) for the significant learning by the students and the solutions adopted along the years in a continuous action-research-practice cycle, have been published in many papers (Alves et al., 2016a;

Alves et al., 2016b; Alves & Leão, 2015; Alves, Moreira, Mesquita, & Fernandes, 2012; Fernandes, Mesquita, Flores, & Lima, 2014; Lima, Carvalho, Flores, & Van Hattum-Janssen, 2007). Following that trend, this paper intends to present a synthesis of the main changes that occurred in the PBL model of the first year, first semester of IEM, over seven consecutive editions (2010-11 to 2016-17). This is important to track the changes being made and, based on their positive or less positive impact, improve the learning process. For this, the authors used their experience and the documents that supported the PBL editions along the years.

This paper is organized in five sections. After this introduction, the second section presents the research methodology. The third section briefly presents the adopted/developed PBL model (first year, first semester). Section four compares the different editions in terms of what has changed and what has not changed. Section five presents some final remarks and future work.

## 2 Research methodology

Attending to the objectives of this paper, the main research questions defined by the authors are the following:

- What are the main changes in IPIEM1 PBL model, from 2010 to 2017?
- What is the impact resulting from each main change?

To achieve these, the research methodology chosen had a qualitative basis as it was grounded on the analysis of data collected from different sources like: (i) documents used in the Integrated Project of Industrial and Engineering Management (IPIEM1) in the context of the PBL project, (ii) authors' own experiences and (iii) previous results from PBL evaluation surveys conducted to students and teachers. Three different surveys are usually conducted, one for students, another for teachers and a last one for the tutors, as an important tool to provide immediate feedback about the PBL semester. The surveys are applied at the end of the corresponding semester.

The students' survey is composed by a set of dimensions, including student's satisfaction with the assessment model and its components (milestones, peer assessment, assessment criteria, project examination, individual vs group assessment), as well as other dimensions (PBL as a methodology, the project theme, the teacher's and tutor's role, teamwork, skills developed, etc.). The students' survey along with the workshop at the end of the PBL edition represent an important continuous improvement strategy used by the PBL coordination team. In the workshop, students have the opportunity to actively participate in the reflection and suggestion of new solutions and/or alternative options to the problems identified by themselves. This is also a key issue for student centred learning environments, where students play an important role in decision making processes and are provided with opportunities that promote their autonomy, critical thinking and responsibility. These are essential skills for the 21<sup>st</sup> century as well as for what the American Management Association (AMA), (2012) designates as the "four Cs" (4C): Critical thinking, Communication, Collaboration and Creativity, that are indispensable to enable workers to think critically, solve problems, innovate, collaborate and communicate more effectively.

The surveys conducted to teachers and tutors allow a general view of all the stakeholders in the PBL project. This last survey allows the evaluation of the tutoring experience, difficulties and expectations. Also, an action research approach was used every year in order to actively intervene in the planning of the next year PBL edition. That is, at the end of each PBL edition, the analysis of the data collected enable the identification of improving points to be implemented, possibly in the following year. To develop the analysis, a set of categories were selected to describe the main changes that happened throughout the years. These categories were: 1) PBL coordinator; 2) number of students and teams in each edition; 3) participant courses; 4) staff coordination team; 5) number and type of tutors; 6) number of milestones; 7) assessment model; 8) PBL evaluation. In regard to each of these categories detailed information was collected from different sources mentioned previously. Based on a deep analysis of each of these categories it was possible to draw several conclusions concerning the main changes that happened throughout the period studied.



### 3 Study Context

The Integrated Master Degree on Industrial Engineering and Management program (IEM) embraced the use of a multidisciplinary semester-wide Project Based Learning Methodology back in the 2004-2005 academic year. At that time, the decision to begin with PBL received some stimuli from the rectory, providing diversity on the use of distinct Teaching/Learning Methodologies within the campuses. That experience was put in place in the first semester of the first year of the program, which meant that the first learning experience at the University, for these particular students, would be in a PBL setting. This contrasted with their full prior learning experiences in previous education levels (from primary to secondary) and represented a shift to that of their elder colleagues, who undergone a fully traditional teaching experience, i.e. centred on teacher lecturing's and prone to passive learning.

The first editions of the PBL on the IEM were designed in the top, and within the constraints, of a fixed curricula, using the motivation and good will of a set of lecturers from most of the courses of the first year, that volunteer to build the required structure and provide the operational support for the implementation of the project. The following editions relied on a wide team of lecturers, mostly related to the selected Project Supporting Courses (PSCs) and other staff performing the role of tutor for a given team of students, and additionally some researchers from the field of Education – all these members constitute the so-called coordination team.

In the academic year of 2012-2013, a reformulation of the IEM curricula provided the opportunity to adequate the structure of the program to the existing PBL practice, by creating the Integrated Project in Industrial Engineering and Management I (IPIEM1) course unit. Table 1 lists all the PSCs collaborating in the IPIEM1 in the last editions. These PSCs pertain to two distinct schools (Sciences and Engineering) and four departments (Maths, Chemistry, Production and Systems, IT), all of the same University.

Table 1. Courses of the 1st year, 1st semester, of the IEM program

Acronym	Curricular Unit (Course)	Scientific area/School	Nr. of ECTS
LA	Linear Algebra	Basic Sciences/Science	5
CC	Calculus C	Basic Sciences/Science	5
GC	General Chemistry	Basic Sciences/Science	5
AP	Algorithms and Programming	Basic Sciences/Engineering	5
IEM	Introduction to Industrial Engineering and Management	Specialty Sciences/Engineering	5
IPIEM1	Integrated Project in Industrial Engineering and Management I	Engineering Sciences/Engineering	5

All the PSCs, including the IPIEM1 represent 5 ECTS (European Credit Transfer System) each, amounting to 30 ECTS in total for the first semester. The full year has 60 ECTS. The project is interdisciplinary, meaning that all PSCs collaborate in the development of the PBL experience, and, naturally, they also contribute to the assessment process. The PSC contents are, at least partly, influenced by the IPIEM1 itself, which means that the learning on some of the PSC contents can be made more realistic given that the developments of the project relate to a real product and production systems.

Thereby, the students experience a more meaningful learning, where the particular technical contents can be instantiated to real world requirements and developments, and at least some competences are acquired using Learning by Doing, which is known to aid the retention of knowledge and development of skills on the long run. Furthermore, additionally to the PSC related competences, a number of transversal competences are developed and trained within this thrilling experience, that provides a number of challenges for the students, and, with them, a good number of opportunities for the development of such skills, e.g. management of interpersonal conflicts, effective team working, making oral presentations to an audience, conduct meetings, evaluate peers, exercise creativity, being proactive, etc. Figure 1 shows the current model of PBL developed in the IPIEM1 project and the project supporting courses. All the PSCs collaborate in the definition of the project so as to be meaningful for each one of them.



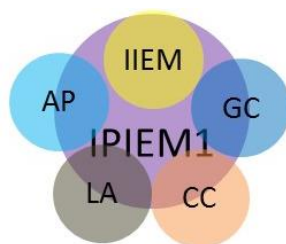


Figure 1. IPIEM1 Schematic representation, Project Supporting Courses (2016\_2017) (Alves et al., n.d.)

The IPIEM1 project is developed by teams of students each one with its own tutor (typically six teams, due to resources constraints, namely the availability of team workspaces and tutors). Each team is composed of seven to nine students. Students are responsible for choosing the team members for their group, taking into consideration two criteria: (i) each team should hold at least one student with previous knowledge in Chemistry (from the secondary school); and (ii) each team should be gender balanced, if possible. The last criterion, has not always been achieved (Alves, Moreira, & Leão, 2017), occasionally requiring the intervention of the coordination team. Prior knowledge on Chemistry was considered to be a relevant issue within each team for equitable reasons and, additionally, so that the teams could take maximum advantage and make the best use of that knowledge during the development of the project.

The evaluation of the learning process has always been a concern. The feedback provided by the students, teachers, tutors and the educational researchers contribute to this evaluation. To collect all those perceptions a final workshop has been put in place at the end of the semester. In the workshop, the results of the survey answered by students, the grades obtained, some open questions related with the project theme, the assessment model of the project and the PBL as a learning methodology, are discussed. To make it more effective, the discussion is firstly done in small focus groups and then presented to all.

The definition of the project theme is always crucial, because that theme should involve and motivate the students and, at the same time, be challenging and contemporaneous (Moreira, Mesquita, & van Hattum-Janssen, 2011). The chosen themes were always under the umbrella of Sustainability so as to promote a conscience on this pressing issue (Alves, Moreira, Leão, & Carvalho, 2017; Colombo, Alves, Hattum-Janssen, & Moreira, 2014; Colombo, Moreira, & Alves, 2015).

During the semester the teams have access to a guide of the PBL learning process. This is a document provided by the coordination team that explains the rationale for PBL, including: (i) all the "rules of the game" (i.e., the IPIEM1 PBL model and previous references about it), (ii) the coordination team constitution (with teachers and tutors contacts), (iii) the project theme and its specification, (iv) the tutors role and functions, (v) the learning outcomes for each PSC, (vi) the assessment model of the IPIEM1 and each PSC, (vii) the available resources to develop the project (e.g. project rooms) and (viii) the e-learning supporting tool.

Besides the PSC classes, during the semester the coordinator promotes or facilitates a number of different training sessions to support the development of the project. Such training includes: (i) sessions about bibliographic research, (ii) teamwork sessions (lectured by educational researchers and/or IIEM teachers), encompassing, among others, clarification of the differences between a group and a team, teams formation phases, communication and communicational profile of each individual, (iii) motivation, (iv) tools to support the meetings and ideas generation and (v) tools to support the teamwork. Additional training includes: multimedia presentations, reports writing, cross-referencing and references management, among others.

Additionally, one visit to a company is usually scheduled during the semester. This is not always the case in all editions, due to time constraints, but it is considered to be worthwhile by both students and coordination team. The company is frequently chosen according to the project theme. Also, in 2012-13 a task in the context of the IIEM course was requested. The students valued the opportunity to develop the task in spite of the extra time needed to develop it. The task was called "Project networking" and the idea was to establish a network with first year students and companies. The main results of this are presented in Alves, Carvalho, Mesquita, Fernandes, & Lima, (2012).

## 4 Main changes from 2010 to 2017

This section presents the main changes that occurred along seven consecutive PBL editions, from 2010-11 to 2016-17. The main aspects that were subject to change were the following: (i) the project as an independent course, (ii) the project supporting courses (PSC), (iii) the number of members of the coordination team, (iv) the number of members by students team, (v) the tutors number and type, (vi) the assessment model and (vii) the number and type of milestones. Table 2 presents such analysis. Conversely, some aspects have been unchanged such as the number of students' teams: six, due to the number of project rooms available in the department facilities.

Table 2. Main aspects changed along the seven editions

Aspect	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
Coordinator	Coord 1	Coord 2	Coord 2	Coord 2	Coord1	Coord1	Coord 2
Nr. of students	42	38	48	50	51	53	48
Project as a course	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PSC	4	4	4*+ IPIEM1	4*+ IPIEM1	5+IPIEM1	5+IPIEM1	5+IPIEM1
Others courses	1	1	0	0	0	0	0
Size of the coordination team	16	12	11	14	13	10	9
Roles in the coordination team	Teachers: 8 Tutors: 6 Researchers: 4	Teachers: 6 Tutors: 3 Researchers: 4	Teachers: 7 Tutors: 3 Researchers: 3	Teachers: 8 Tutors: 5 Researchers: 2	Teachers: 7 Tutors: 5 Researchers: 2	Teachers: 7 Tutors: 3 Researchers: 1	Teachers: 6 Tutors: 4 Researchers: 0
Size of the students teams	7	6-7	8	7-9	8-9	8-9	7-9
Nr. of tutors	6 (each with 1 team)	6 (each with 2 teams)	6 (each with 2 teams)	6 (1 tutor with 2 teams)	6 (1 tutor with 2 teams)	6 (3 tutors with 2 teams)	13 (2 tutors with 2 teams)
Type of tutors	3 teachers 3 tutors	2 teachers 1 tutor	2 teachers 1 tutor	2 teachers 3 tutors	2 teachers 3 tutors	2 teachers 1 tutor	2 teachers 2 tutors 9 students
Milestones	7	7	6	6	6	6	6
Assessment model	60% PSC 40% project	60% PSC 40% project	100% IPIEM1	100% IPIEM1	100% IPIEM1	100% IPIEM1	100% IPIEM1
Project grade components & weight of the project in the PSC (before IPIEM1)	Reports: 60% Presentation s: 20% Prototypes: 20% Weight: 40%	Reports: 60% Presentation s: 20% Prototypes: 20% Weight: 40%	Reports: 60% Presentation s: 20% Prototypes: 20%	Reports: 60% Presentations : 20% Prototypes: 20%	Reports: 60% Presentations : 20% Prototypes: 20%	Reports: 60% Presentations : 20% Prototypes: 20%	Reports: 60% Presentations : 20% Prototypes: 20%
Individual grade components	Peer assessment= correction factor Written project test: 20%	Peer assessment= correction factor Written project test: 20%	Peer assessment= correction factor Written project test: 20%	Peer assessment= correction factor Written project test: 20%	Peer assessment plus PSCs lecturers assesment =correction factor	Peer assessment plus PSCs lecturers assesment =correction factor	Peer assessment= correction factor Written project test: 20%
Peer assessment of project reports by students teams	n/a	A team assesses a report from another team. 25% of a team report grade is due to this assessment	A team assesses a report from another team. 25% of a team report grade is due to this assessment	A team assesses a report from another team. 25% of a team report grade is due to this assessment	n/a	n/a	A team assesses a report from another team. 5% of the preliminary report grade of a team that assessed other comes

							from how well they assess the other team
Surveys' results <sup>(1)</sup>	4,16	3,97	4,02	4,04	3,86	3,91	4,05

\* Calculus and Linear Algebra were considered as one course in the project.

<sup>(1)</sup> Average score on a set of questions related to PBL as a Methodology for teaching and learning in the survey conducted to the students, using a Likert scale from 1 (totally disagree) to 5 (totally agree) on the final students' survey on PBL at the IPIEM1.

In general, it is possible to see that very few changes happened throughout the past years, which means that the PBL model is quite stable and adapted to the IEM programme's goals and professional profile.

One of the main changes, in terms of curricular issues, can be found in the year 2012-13, when the project abandoned its "informal" nature (a common agreement established by all teachers responsible for the curricular units of the semester) and became an official course (curricular unit) of the IEM curriculum (Alves et al., 2014). This new curricular unit, which materializes the learning environment for the application of PBL, is the IPIEM1 (Integrated Project of Industrial Engineering and Management I). This change had implications in regard to the students' assessment model, as before 2012-13 the assessment model was made up of 60% of the PSC grade and 40% of the project grade; after the inclusion of IPIEM1, the assessment is 100% of the project grade. With this, students can better see and follow their performance during project development, distinguishing this from the PSC performance.

It is interesting to compare the results of the final survey, regarding the accordance with the "PBL as a Methodology for Teaching and Learning" category (which included 8 questions), applied at the end of each PBL edition. In general, the surveys revealed very similar results along the years with slight differences only. In the cohorts of 2014-15 and 2015-16 was introduced a different correction factor (Moreira et al., 2017) and the final written project test was removed, in an attempt to tackle frequent complains about the test. However, apparently the results indicate that the new mechanism was not fully accepted, resulting in its removal and return to its previous setting in the following edition. Hypothetically, the results seem to support the decision made by the coordination team, which was not consensual among the lecturers of the PSCs.

As previously mentioned, the students' answers to the surveys, along with the outcomes of the reflection from the workshop at the end of each PBL edition identified opportunities for improvement. Having this in mind, the coordination team decided to introduce in the assessment model, one more element beyond the individual peer assessment: each team should assess the report of another team. Thus, the teams of students gain the responsibility of assessing the work of another team and also face the difficulty of conducting that process. Additionally, they have the opportunity to see a report different from their own and learn with that (e.g. what we did wrong/right, what was missing). This was introduced in the 2011-12 edition and the idea is that students evaluated a preliminary report of a different team. Their evaluation is incorporated in the grade of the evaluated team. After three editions this practice was interrupted in 2014-15, due to coordinator change. In the 2016-17 edition this approach was reinitiated but with differences: 5% of the preliminary report grade of each team comes from the rigour/quality of their work when they assess the report of another team. This change was needed to reinforce the responsibility of the team in the assessment process and to avoid incorrect practices (e.g. attributing a grade without thinking first or just because the other team is friendly/unfriendly). Nevertheless, it is worth to reinforce the peer assessment since it is an employability skill needed for the undergraduate and graduate students and valuable by professionals (Paul, Chrispen, & Alexander, 2013).

Teachers and tutors surveys are also important because students are not the only stakeholders in this project. So, their ideas, opinions and feelings about IPIEM1 PBL are also welcome. A good collaboration between the coordination team is crucial for the project success. Teachers and tutors experiences, difficulties and how they manage them have been collected, registered, analysed and a solution was thought by the team. The summarized results in terms of difficulties had been: to deal with workload of this learning methodology (Alves, Moreira, Sousa, & Lima, 2009), student assessment (assessment methods, criteria, weights, etc.), teachers' role and collaboration between teachers (Alves, Sousa, Moreira, Carvalho, et al., 2016; Alves et al., 2016) and integration of courses in the project (Alves et al., n.d.).

Pursuing the continuous improvement, the coordinators are always trying different approaches regarding the way IPIEM1 PBL is organized. One of those approaches was to enable more senior IEM students (3<sup>rd</sup> year students) to perform the role of tutor of the teams. This contrasted with previous IEM PBL experiences, where the tutor role was reserved to lecturers. In fact, from 2016-2017 onwards, each team was attributed more than one tutor, at least one of them being a lecturer. The students that accepted to perform as a tutor are voluntary and, as previously mentioned, belong to the 3<sup>rd</sup> year of the IEM degree. This role was given to these students since the students' union at University of Minho delegates the responsibility of reception and integration of the newcomers on the 3<sup>rd</sup> year students for each degree. The student tutors have performed this role well and some results can be found in Alves, Moreira, Leão, & Teixeira (2017) and synthesized as a good experience, being considered as "godfathers" or "mentors" and someone that had experienced the same IEM PBL experience and difficulties.

## 5 Conclusion

This paper presents the results of an analysis of seven editions of IPIEM1 PBL showing the main changes that this learning process has been subject to in a continuous improvement effort. These changes were related with the coordinator, the number of students, the curricular plan structure, the project supporting courses and other courses, the coordination team members (number and role), the size of students' teams, tutors (number and type), the milestones of the project and the assessment model and components.

The main change surely was the modification of the formal structure of the project which allowed a better sense of the performance of each student through a grade obtained in the project. Other changes occurred in the assessment model (components' changes), particularly, the change of the correction factor (inclusion of teachers' contribution) - it seems that students didn't like and teachers were not so comfortable with this. Peer assessment of project reports by a different team was a valued change from the point of view of students and teachers because it gives responsibility to the students and, at the same time, it is a good learning mechanism.

The results of the survey from students regarding PBL as a learning methodology, have been always positive which shows their satisfaction with this model. Nevertheless, a continuous improvement journey never stops and there are always improvements to make. Some new endeavours could improve the individual assessment; more stages on the preliminary report and its correction; development of a mechanism to avoid the specialization within each student in the team (in terms of performed tasks); develop a public repository of all outputs of the teams; involve companies in the PBL process. Nevertheless, once more, more institutional support is necessary because the effort involved in the organization and implementation of this kind of projects is quite large, the process is quite time-consuming and it is not adequately recognized at the institutional level (teaching versus research activities).

## 6 References

- Alves, A. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *The Learning Organization*, 19(3), 219–237. <http://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Alves, A. C., & Leão, C. P. (2015). Action, Practice and Research in Project Based Learning in an Industrial Engineering and Management Program. In *ASME 2015 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Volume 5: Education and Globalization* (p. V005T05A013). ASME. <http://doi.org/10.1115/IMECE2015-51438>
- Alves, A. C., Moreira, F., Carvalho, M. A., Oliveira, S., Malheiro, T., Brito, I., ... Teixeira, S. (n.d.). Integrating STEM contents through PBL methodology in Industrial Engineering and Management first year program. *European Journal of Engineering Education*, CEEE-2017-0072.
- Alves, A. C., Moreira, F., & Leão, C. L. (2017). Peer assessment in PBL: does gender matter? In *23rd ICE Conference – IEEE ITMC International Conference, "Engineering, Technology & Innovation Management Beyond 2020: New Challenges, New Approaches"*, Madeira, Portugal (p. 1398—1402).
- Alves, A. C., Moreira, F., Leão, C. L., & Carvalho, M. A. (2017). Sustainability and Circular Economy through PBL: Engineering students' perceptions. In *Conference Wastes 2017, Porto, Portugal, 25 and 26 of September*.
- Alves, A. C., Moreira, F., Leão, C. P. & Teixeira, S. (2017). Tutoring experiences in PBL of Industrial Engineering and Management program: teachers vs students. In *ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and*

*Exposition (IMECE2016), Volume 5:*

- Alves, A. C., Moreira, F., Lima, R. M., Sousa, R. M., Carvalho, D., Mesquita, D., ... Van-Hattum-Janssen, N. (2014). Aprendizagem Baseada em Projetos interdisciplinares: análise da implementação em duas estruturas curriculares distintas. In A. Fischer & O. L. de O. M. Heinig (Eds.), *Linguagens em uso nas Engenharias* (Edifurb-).
- Alves, A. C., Moreira, F., Mesquita, D., & Fernandes, S. (2012). Project-Based Learning in First Year, First Semester of Industrial Engineering and Management: Some Results. In *Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2012* (pp. 1–10).
- Alves, A. C., Moreira, F., Sousa, R., & Lima, R. M. (2009). Teachers' workload in a project-led engineering education approach. In *International Symposium on Innovation and Assessment of Engineering Curricula* (p. 14). Valladolid.
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Fernandes, S., Cardoso, E., Carvalho, M. A., Figueiredo, J., & Pereira, R. M. S. (2016). Teacher's experiences in PBL: implications for practice. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 123–141. <http://doi.org/10.1080/03043797.2015.1023782>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Moreira, F., Carvalho, M. A., Cardoso, E., Pimenta, P., ... Mesquita, D. (2016). Managing PBL difficulties in an Industrial Engineering and Management program. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 73–89.
- Alves, A. C., Sousa, R., Moreira, F., Alice Carvalho, M., Cardoso, E., Pimenta, P., ... Mesquita, D. (2016). Managing PBL difficulties in an industrial engineering and management program. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3). <http://doi.org/10.3926/jiem.1816>
- Alves, A., Carvalho, J. D., Mesquita, D., Fernandes, S., & Lima, R. M. (2012). IEM@ProjectNetworking: bringing first year students closer to professional practice. In *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE2013)* (pp. 1–7).
- American Management Association (AMA). (2012). *Critical Skills survey*. Retrieved from <http://www.amanet.org/>
- Colombo, C. R., Alves, A. C., Hattum-Janssen, N. Van, & Moreira, F. (2014). Active Learning Based Sustainability Education: a Case Study. In *Proceedings of Project Approaches in Engineering Education (PAEE2014)* (p. ID55.1-9). Retrieved from [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30173/1/paee2014\\_submission\\_55.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30173/1/paee2014_submission_55.pdf)
- Colombo, C. R., Moreira, F., & Alves, A. C. (2015). Sustainability Education in PBL Education: the case study of IEM. In *Proceedings of the Project Approaches in Engineering Education* (pp. 221–228).
- Fernandes, S., Mesquita, D., Flores, M. A., & Lima, R. M. (2014). Engaging students in learning: Findings from a study of project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 39(1), 55–67. <http://doi.org/10.1080/03043797.2013.833170>
- Guerra, A., Ulseth, R., & Kolmos, A. (2017). *PBL in Engineering Education*. (A. Guerra, R. Ulseth, & A. Kolmos, Eds.). Rotterdam: SensePublishers. <http://doi.org/10.1007/978-94-6300-905-8>
- Lima, R. M., Carvalho, D., Flores, A., & Van Hattum-Janssen, N. (2007). A case study on project led education in engineering: students and teachers perceptions. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), 337–347. <http://doi.org/10.1080/03043790701278599>
- Lima, R. M., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R. M., Alves, A. C., Moreira, F., Fernandes, S., & Mesquita, D. (2017). *Ten Years of Project-Based Learning (PBL) in Industrial Engineering and Management at the University of Minho*. (A. Guerra, R. Ulseth, & A. Kolmos, Eds.). Rotterdam: SensePublishers. <http://doi.org/10.1007/978-94-6300-905-8>
- Moreira, F., Mesquita, D., & van Hattum-Janssen, N. Van. (2011). The importance of the project theme in Project-Based Learning: a study of student and teacher perceptions. In *Proceedings of the 2011 Project Approaches in Engineering Education* (Vol. 53). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Moreira, F., Rodrigues, C., Alves, A. C., Malheiro, T., Brito, I., & Carvalho, M. A. (2017). Lecturers' perceptions of a semester-wide interdisciplinary PBL in a master's degree program in Industrial Engineering and Management. In *ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE2016), Volume 5: Education and Globalization, Tampa, Florida, USA, November 3–9*.
- Park, S., Hironaka, S., Carver, P., & Nordstrum, L. (2013). Continuous Improvement In Education, 1–48. Retrieved from <papers3://publication/uuid/2260843A-153F-4D8F-9206-FC474ED2972C>
- Paul, M., Chrispen, C., & Alexander, C. R. (2013). Peer Assessment in Higher Education: The Roadmap for Developing Employability Skills in Potential Job Seekers, 1(2), 62–69.
- Zhang, Q., Zimmerman, J., Mihelcic, J., & Vanasupa, L. (2008). Civil and Environmental Engineering Education (CEEE) Transformational change: tools and strategies for Sustainability integration and assessment in Engineering Education. In *Proceedings of the 2008 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.

# Implementation of Industrial Engineering and Management Projects in Interaction with Companies

Rui M. Lima<sup>1</sup>, Dinis Carvalho<sup>1</sup>, Rui M. Sousa<sup>1</sup>, Diana Mesquita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Algoritmi, Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Guimarães, Portugal

<sup>2</sup> Research Centre on Child Studies, University of Minho, Braga, Portugal

Email: rml@dps.uminho.pt, dinis@dps.uminho.pt, rms@dps.uminho.pt, diana@dps.uminho.pt

## Abstract

Active learning strategies have gained relevance in the context of Higher Education Institutions. This growing relevance is due to the fact that there is evidence that these strategies, in addition to being more appealing, are also more effective, resulting in deeper learning. In the context of active learning, one of the most used approaches in Engineering Education is the Problem and Project-Based Learning (PBL). Although there are many publications about PBL in Engineering Education, it is not common to find work that systematically describes the process of implementing these experiences. In addition, there are not many examples of PBL in interaction with companies, neither in Engineering Education in general, nor in Engineering Education in Industrial Engineering and Management (IEM). Thus, this article intends to describe in a systematic way a PBL approach in interaction with companies, which has been applied since 2005, in the Integrated Master in Industrial Engineering and Management (MIEGI) of the University of Minho, Portugal. This description, although it has some chronological references, will be fundamentally focused on the project that runs from September 2017 till the end of January 2018. In this way, it is intended to serve as a reference for other teachers who wish to implement projects inspired in this model.

**Keywords:** Project-Based Learning; Active Learning; University-Business Cooperation; Engineering Education.



# Implementação de Projetos de Engenharia e Gestão Industrial em Interação com Empresas

Rui M. Lima<sup>1</sup>, Dinis Carvalho<sup>1</sup>, Rui M. Sousa<sup>1</sup>, Diana Mesquita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Algoritmi, Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Guimarães, Portugal

<sup>2</sup> Research Centre on Child Studies, University of Minho, Braga, Portugal

Email: rml@dps.uminho.pt, dinis@dps.uminho.pt, rms@dps.uminho.pt, diana@dps.uminho.pt

## Abstract

As estratégias de aprendizagem ativa têm vindo a ganhar relevância no contexto das Instituições de Ensino Superior (IES). Esta relevância crescente deve-se ao facto de existirem evidências de que estas estratégias, para além de serem mais apelativas, também são mais efetivas resultando em aprendizagens mais profundas. No contexto da aprendizagem ativa, umas das abordagens mais utilizadas na Educação em Engenharia é aquela baseada em problemas e projetos (PBL - Problem and Project-Based Learning). Embora existam muitas publicações sobre PBL na educação em engenharia, não é comum encontrar trabalhos que descrevam de forma sistemática o processo de implementação dessas experiências. Além disso, não existem muitos exemplos de PBL em interação com empresas, nem na Educação em Engenharia em geral, nem na Educação em Engenharia e Gestão Industrial. Sendo assim, este artigo pretende descrever de forma sistemática uma abordagem de PBL em interação com empresas, que vem sendo aplicada desde 2005, no Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho, em Portugal. Esta descrição, embora tenha algumas referências cronológicas, será fundamentalmente centrada no projeto a decorrer desde setembro de 2017 e que terminará em finais de janeiro de 2018. Desta forma, pretende-se que venha a servir de referência para outros professores que pretendam implementar projetos inspirados neste modelo.

**Keywords:** Project-Based Learning; Active Learning; University-Business Cooperation; Engineering Education.

## 1 Introdução

As instituições de ensino superior têm vindo a desenvolver práticas educacionais inovadoras baseadas em estratégias de aprendizagem ativa (Bonwell & Eison, 1991; Christie & de Graaff, 2017), porque estas se têm mostrado eficazes para lidar com perfis de estudantes em permanente mudança, contribuindo para a melhoria da aprendizagem (Freeman et al., 2014; Prince, 2004). Estas estratégias primam pela criação de experiências significativas de ensino e aprendizagem, que potenciam o desenvolvimento de competências com estudantes mais autónomos, cooperativos e motivados.

Os engenheiros, no âmbito das suas atividades profissionais, lidam com uma ampla gama de tipos de problemas que requerem competências técnicas, específicas da sua área de especialidade, e transversais, que podem ser mobilizadas em diversos contextos profissionais. As competências transversais são reconhecidas como igualmente relevantes para a prática de engenharia, podendo destacar-se, entre outras, o trabalho em equipa, comunicar em diferentes contextos, e lidar com situações incertas e imprevisíveis (Cai, 2013; Jackson, 2012; Lima, Mesquita, Rocha, & Rabelo, 2017).

Nesta linha de desenvolvimento dos cursos de ensino superior, o curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho, implementou a partir de 2005, um modelo de aprendizagem baseada em projetos (PBL), inspirada na abordagem PLEE - "Project Led Engineering Education" (Powell, 2004; Powell & Weenk, 2003). Esta foi uma aposta alicerçada no objetivo de criar contextos de aprendizagem que contribuíssem para aumentar a motivação dos estudantes, o desenvolvimento de competências técnicas sólidas e simultaneamente um leque de competências transversais necessárias para o desempenho da profissão de Engenharia e Gestão Industrial. Desde o início do processo de implementação de PBL que houve uma aposta forte na implementação de projetos com empresas no 7º semestre do MIEGI (de 10 semestres) (Lima, Dinis-Carvalho, Sousa, Arezes, & Mesquita, 2017). Esta aposta cria um perfil específico nos estudantes do curso que lhes permite encarar com competência a interação com empresas, com o



ambiente fabril e com os mais diversos intervenientes. Nestes projetos, as equipas de estudantes procuram desenvolver, com acompanhamento dos professores, uma solução para um ou mais problemas reais colocados por empresas, mas que terão que estar relacionados com os resultados de aprendizagem do semestre 7.

Este artigo pretende descrever de forma sistemática uma abordagem de PBL em interação com empresas, que vem sendo aplicada desde 2005, no MIEGI da Universidade do Minho, em Portugal. Esta descrição, embora tenha algumas referências cronológicas, será fundamentalmente centrada no projeto a decorrer desde setembro de 2017 e que terminará em finais de janeiro de 2018. Desta forma pretende-se que venha a servir de referência para outros professores que pretendam implementar projetos inspirados neste modelo.

## 2 Contexto curricular

O Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho, no que diz respeito ao currículo formal (explícito ao nível do plano de estudos, por exemplo), destaca-se desde 2005 pela existência de projetos interdisciplinares. Atualmente, para além do projeto final de mestrado (10º semestre), o currículo do MIEGI apresenta projetos interdisciplinares em três momentos do curso, especificamente no 1º, 7º e 8º semestres. Estes projetos, para além da sua abordagem interdisciplinar, caracterizam-se pela relação com a prática profissional de Engenharia, através de problemas para os quais as equipas de estudantes têm de encontrar soluções durante o semestre com apoio dos conteúdos das unidades curriculares e dos respetivos docentes e tutores.

Apesar dos três projetos interdisciplinares presentes no curso partilharem dos mesmos princípios, importa referir que se diferenciam do ponto de vista operacional, considerando as especificidades do contexto. A título de exemplo, o projeto do 1º semestre coloca ênfase na relevância das ciências de base (e.g. Cálculo, Química Geral, etc.) na Engenharia, a partir de um problema relacionado com a sustentabilidade (Fernandes, Mesquita, Flores, & Lima, 2014; Lima, Dinis-Carvalho, Flores, & Hattum-Janssen, 2007).

O projeto do 7º semestre, foco do estudo apresentado neste artigo, coloca ênfase no *practicum*, isto é, no desenvolvimento de um projeto interdisciplinar em interação com empresas. Tratando-se de um projeto de 7º semestre, a natureza das disciplinas envolvidas evoca conhecimento da especialidade de Engenharia e Gestão Industrial, nomeadamente Gestão Integrada da Produção (GIP), Organização de Sistemas de Produção II (OSP2), Sistemas de Informação da Produção (SIP), Simulação (SIM) e Estudo Ergonómico dos Postos de Trabalho (EEPT). De referir que, do ponto de vista curricular, o projeto é uma disciplina (Projeto Integrado em Engenharia e Gestão Industrial II – PIEGI2) e, dessa forma, tem carga horária associada para acompanhamento das equipas de projeto. A Figura 1 ilustra a organização formal do currículo do projeto do 7º semestre.

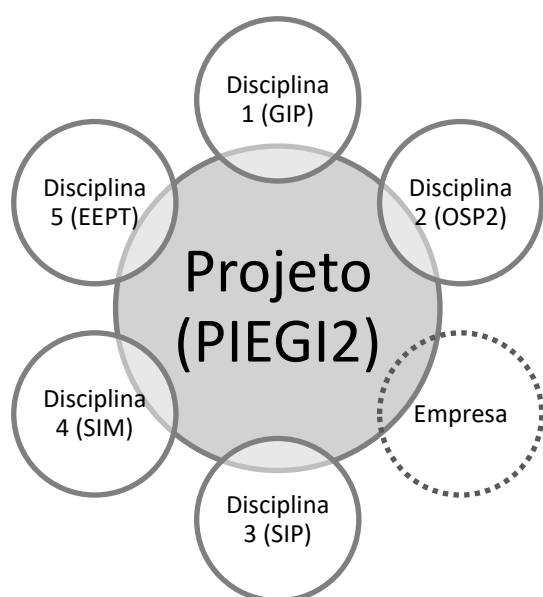


Figura 1: Modelo PBL do semestre 7 – interação projeto, disciplinas, agentes externos (empresas)

Em termos gerais, o projeto envolve a análise e diagnóstico do sistema de produção da empresa associada a cada equipa de estudantes e o desenvolvimento de propostas de melhoria considerando os problemas identificados. Até ao momento, foram realizadas nove edições do PIEGI2, tendo sido envolvidas 20 empresas, mais de 40 equipas, e mais de 300 estudantes. A este respeito, o projeto destaca-se como sendo uma das experiências mais significativas ao longo da formação inicial dos estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (Mesquita, 2015).

A investigação realizada ao longo dos últimos anos demonstra, ainda, a importância destes projetos na aprendizagem dos estudantes, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de competências técnicas (Lima, Dinis-Carvalho, et al., 2017) e transversais (Lima, Mesquita, & Flores, 2014) que, quando desenvolvidas no mesmo contexto, potenciam a aprendizagem dos estudantes, considerando a sua relevância com a prática de Engenharia.

### 3 Implementação

A implementação do projeto em interação com empresa (PIEGI2, 7º semestre) tem início dois meses antes do início das aulas e do contacto com os estudantes (Figura 2). Isto significa que por volta do dia 15 de julho a equipa de professores reúne e o coordenador do projeto debate com os restantes colegas as empresas a contactar e convidar para o projeto. Normalmente são empresas com as quais alguns dos professores da equipa já têm interação e relações de confiança baseadas em projetos desenvolvidos anteriormente. Sempre que possível mantêm-se as mesmas de um ano para o outro porque isso facilita a interação e o entendimento do tipo de projeto que permite satisfazer simultaneamente aos seus interesses e os resultados de aprendizagem esperados para o semestre. Nos últimos anos, também têm surgido outras que se propõem para este projeto, porque dele tiveram conhecimento através de profissionais da própria organização ou de professores do curso. A fase de planeamento inicial exige alguma carga de comunicação e eventualmente de visitas às instalações empresariais, principalmente por parte do coordenador de projeto. Nesta fase será necessário esclarecer com clareza os objetivos do projeto para a universidade e encontrar entendimentos que permitam despertar o interesse e identificar oportunidades de ganhos que poderá ter com o trabalho a desenvolver pelas equipas de estudantes. Esta é uma fase da maior importância em termos de alinhamento de expectativas. Estas expectativas deverão ser geridas ao longo de todo o projeto, para garantir uma avaliação de sucesso por parte de todos os intervenientes. O mesmo se passa em relação aos estudantes, a partir do momento em que se inicia a interação com os mesmos. Nessa fase inicial de contactos, define-se como recomendável uma visita semanal das equipas às instalações e a definição de elementos de contacto das empresas. Não tem sido norma definir nenhum apoio monetário aos projetos, mas tem sido costume estas possibilitarem, quando existem condições para tal, a utilização da sua cantina.

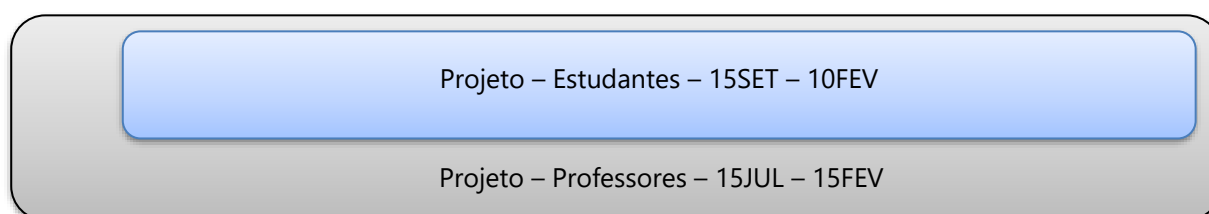


Figura 2. Relação entre o projeto dos professores e o projeto dos estudantes

O projeto a desenvolver pelos estudantes tem como objetivo genérico a análise e melhoria (de parte) do sistema produtivo de uma empresa, considerando fundamentalmente as seguintes áreas: Lean (disciplina de OSP2), planeamento e controlo de produção (GIP) e respetivos sistemas de informação (SIP), estudo ergonómico de postos de trabalho (EEPT) e simulação (SIM). O sistema produtivo será analisado considerando fundamentalmente os seguintes requisitos: (i) caracterização e classificação do sistema produtivo, (ii) avaliação de desempenho, (iii) identificação de desperdícios, (iv) identificação das principais funções e técnicas de

planeamento e controlo de produção (PCP) e sua integração, (v) identificação de fluxos de informação de planeamento e controlo da produção, (vi) caracterização da ergonomia e do ambiente físico das estações de trabalho. A simulação é utilizada fundamentalmente para avaliar soluções alternativas apresentadas pelas propostas de melhoria.

Este projeto é fundamentalmente composto por três fases, conforme ilustrado na Figura 3, nomeadamente: (i) reconhecimento do contexto da empresa (semana 2), (ii) análise e diagnóstico do sistema produtivo (semana 11) e (iii) apresentação de propostas de melhoria (semana 17). A meio da fase de análise e diagnóstico, na semana 6, realiza-se a primeira apresentação formal do ponto da situação do projeto.

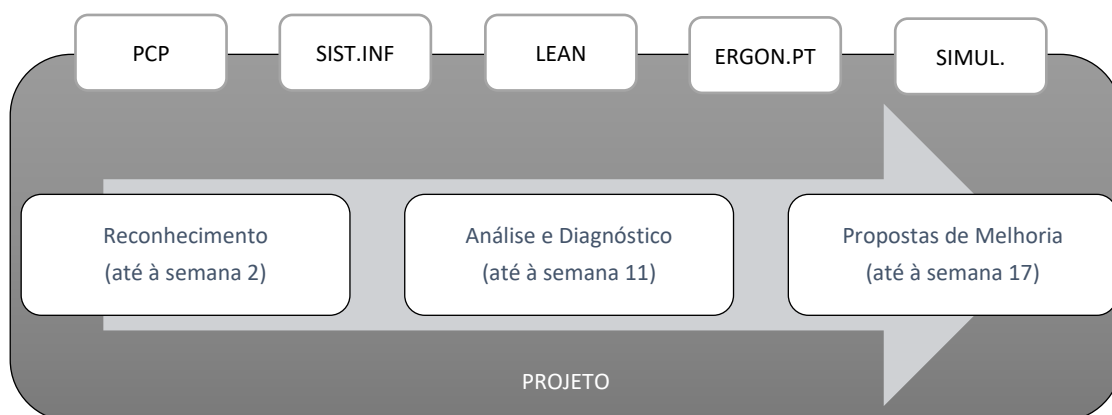


Figura 3. Fases do projeto

No ano letivo 2017/18, o projeto teve início no dia 10 de setembro com uma apresentação inicial aos estudantes. Durante esta semana eles tiveram que criar equipas com cerca de 10 elementos e selecionar as empresas, em coordenação com os professores. No final da semana, no dia 15 de setembro, foi realizada uma breve apresentação dos vários projetos aos estudantes por parte de representantes das empresas (Figura 4). Depois da apresentação, realizou-se a primeira reunião de cada equipa com o(s) representante(s) da empresa onde iriam realizar o projeto. Nesta reunião esclareceram-se dúvidas e marcou-se a primeira visita para a semana seguinte. No final da segunda semana os estudantes começaram a discutir com os professores um plano visual inicial do projeto.



Figura 4. Apresentação inicial de projeto com participação de representantes das empresas

Até ao final da semana 11 as equipas deverão terminar a fase de análise e diagnóstico. Na realidade, todas as equipas terão, já nesta fase algumas propostas de melhoria a apresentar. Outras propostas ainda estarão em desenvolvimento e continuarão em estudo até ao final do projeto. As equipas estarão em momentos diferentes no final desta fase por diversas razões contextuais: a empresa, o(s) problema(s) definido(s), o número e qualidade das interações com a empresa, a motivação e empenho dos elementos das equipas e o apoio dos professores. Durante esta fase as equipas terão que aplicar os conceitos, métodos e ferramentas que vão sendo apresentados nas várias disciplinas de apoio ao projeto.

Na fase final, as equipas deverão desenvolver as propostas de melhoria para os problemas identificados. Durante esta fase, as equipas têm liberdade para proporem à equipa de professores que o foco das propostas se centre em problemas específicos em que a empresa tenha mais interesse. Desta forma pretende-se criar projetos mais coerentes e reais, contribuindo para uma maior identificação de estudantes, professores e profissionais com os resultados finais do projeto.

Depois de realizarem a apresentação final do projeto na universidade, os estudantes terão ainda a responsabilidade de realizar uma apresentação final na empresa para discutirem os resultados de projeto.

A avaliação do projeto baseia-se em três apresentações e dois relatórios escritos (Fernandes, Flores, & Lima, 2012; Lima, Mesquita, Fernandes, Marinho-Araújo, & Rabelo, 2015). As três apresentações são: a) estado do projeto; b) de análise e diagnóstico; e c) final. Os pesos são, respetivamente, 5%, 5% e 10%. O relatório de análise e diagnóstico tem um peso de 20% e o relatório final (8000 palavras) sob a forma de artigo tem um peso de 50%. Deve notar-se que os relatórios são complementados por blogs com descrições semanais e complementos ao relatório. A distinção individual de estudantes dentro de cada equipa é realizada por avaliação pelos pares (intra-equipa).

A edição deste ano conta com a colaboração das seguintes empresas: Continental ITA, Leoni, Rembalcom, Firmago, Gewiss, Sonicarla, que atuam em áreas muito distintas, nomeadamente: metalomecânica, têxteis e confeção, cablagens elétricas para a indústria automóvel, telas para pneus para a indústria automóvel, material elétrico e filme estirável para embalagem. Esta diversidade enriquece a experiência dos estudantes e dos professores envolvidos, e ainda permite que nas apresentações finais os profissionais fiquem a conhecer a realidade de outras empresas e possam partilhar experiências.

## 4 Organização das Equipas de Estudantes e de Professores

### 4.1 Equipas de Estudantes

Nos projetos organizados ao longo dos anos, o principal fator de decisão que determina a dimensão das equipas tem sido a restrição relativa aos seis (6) espaços de equipa disponíveis. Inicialmente as equipas tinham 6 a 7 estudantes mas, devido ao aumento do número de estudantes, nos últimos dois anos a dimensão das equipas tem variado entre 9 e 11 elementos. Embora sejam equipas de elevada dimensão, isto também permite aumentar a dimensão dos projetos. Tem sido natural que as empresas criem oportunidades para que as equipas criem 2 a 3 subgrupos para trabalhar problemas complementares. Sendo assim, a constituição das 6 equipas deste ano encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3: Equipas de projeto

Equipa	Elementos	Empresa
G1	11	Gewiss
G2	10	Rembalcom
G3	11	Sonicarla
G4	11	Firmago
G5	9	Leoni
G6	11	Continental ITA



Cada uma das equipas ocupa um espaço próprio que pode utilizar durante todo o semestre. Durante os períodos definidos no horário para acompanhamento (sexta-feira entre as 13:00 e as 17:00), os professores deslocam-se ao espaço e reúnem com cada equipa durante cerca de 15 minutos. A Figura 5 representa um momento de acompanhamento de um professor a uma das equipas.

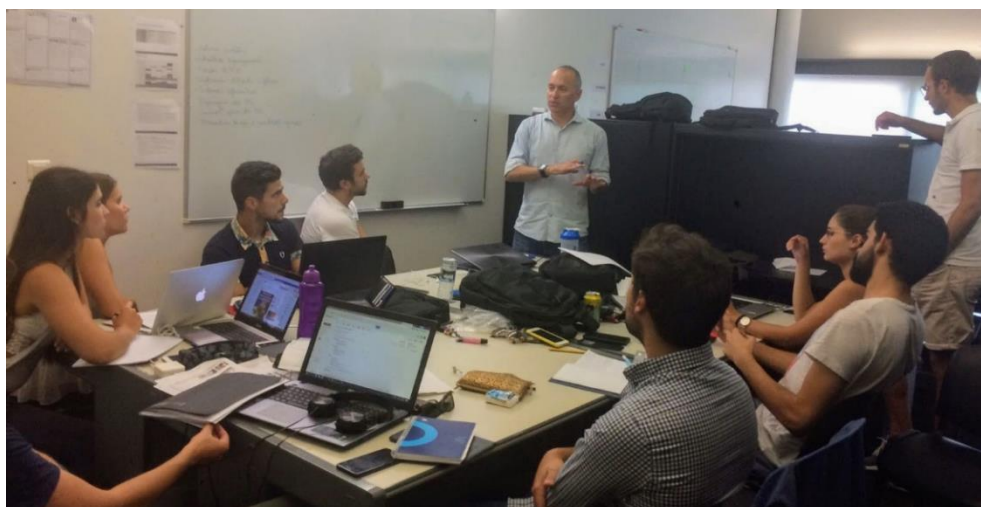


Figura 5: Acompanhamento de projeto no espaço da equipa

As equipas de projeto organizam-se de diferentes formas, também influenciada, pelos tutores (ver secção 4.2) de cada equipa. As equipas 1, 4, 5 e 6 estão a implementar desde o início um processo de gestão baseado no Scrum (Sutherland, 2014). Apresentando este framework de forma muito resumida, pode-se dizer que as equipas se organizam com um Scrum Master (gestor de projeto), um Product Owner (representa o cliente) e os elementos da equipa. Além disso, caracteriza-se pela realização de ciclos curtos nos quais se desenvolvem partes do projeto que podem ser avaliadas pelo Product Owner. Durante os ciclos deverão realizar reuniões rápidas frequentes em que atualizam quadros visuais de gestão e de indicadores. Nem todas estas quatro equipas estão a utilizar os mesmos quadros, nem a realizar as mesmas reuniões. Além disso, as outras duas equipas têm vindo a desenvolver quadros de gestão inspirados nos quadros de Kanban do Scrum. Na Figura 6 podem ver-se duas imagens de quadros Kanban de uma equipa em duas semanas consecutivas.

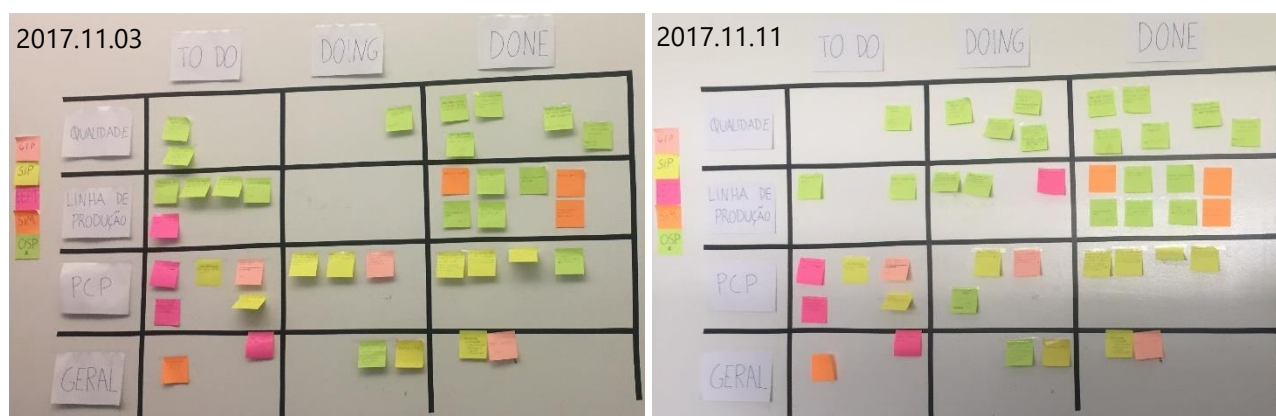


Figura 6: Quadros de Kanbans de gestão de projetos de uma das equipas, em duas semanas consecutivas.

## 4.2 Equipa de Professores

A equipa de professores é constituída por todos os docentes das unidades curriculares do semestre (Figura 1) e é por isso determinada pela distribuição de serviço docente, que, na Universidade do Minho, é definida em meados do ano letivo anterior. Em linhas gerais, pode dizer-se que esta equipa assegura: (i) coordenação de todo o projeto, (ii) acompanhamento das equipas de estudantes e (iii) tutoria das equipas de estudantes.

A coordenação do semestre é assegurada maioritariamente pelo professor coordenador do projeto e envolve, entre outros aspetos, a condução da reunião de arranque do projeto (secção 3), a elaboração do designado

guia de projeto de aprendizagem (documento facultado aos estudantes, que contém toda a informação inerente ao funcionamento do projeto, desde os objetivos de aprendizagem até ao modelo de avaliação), a organização/gestão dos momentos de avaliação (e.g. apresentações, entregas de relatórios e recolha das avaliações dos professores), etc. Em termos de serviço docente, todo este trabalho é contabilizado com 15h (1h por semana) na unidade curricular PIEGI2 (Figura 1).

O acompanhamento das equipas de estudantes, cabe a pelo menos um docente de cada unidade curricular e funciona nos moldes descritos na secção 4.1. As horas despendidas em acompanhamento são contabilizadas no serviço docente através da unidade curricular PIEGI2. Portanto, além da hora semanal para o coordenador do projeto, a carga horária de PIEGI2 é de facto dividida pelos docentes que asseguram o acompanhamento das equipas de estudantes.

Alguns professores desempenham o papel de tutor de uma ou mais equipas de estudantes. Se necessário, pode integrar a equipa de professores, um (ou mesmo mais do que um) docente que não leciona qualquer unidade curricular do semestre, para desempenhar apenas esse papel. Nas primeiras edições do PIEGI2 era designado um por equipa mas, com o passar dos anos, caminhou-se no sentido de se ter mais do que uma equipa com o mesmo tutor. Na edição 2017/18, três professores de unidades curriculares do semestre (OSP2, GIP e SIP) asseguram a tutoria das 6 equipas de estudantes (2 equipas cada), que inclui a primeira visita à empresa. Depois, em linhas gerais, o tutor deve efetuar a constante monitorização da equipa de estudantes de modo a assegurar que o trabalho desenvolvido vai ao encontro dos objetivos delineados, através de uma metodologia de gestão de projetos (conforme referido na secção 4.1, em 2017/18 quatro equipas estão a usar a metodologia Scrum). O tutor não deve propor soluções técnicas para os problemas com que a equipa lida na empresa, mas sim encaminhar (se necessário) a equipa na direção mais adequada. Cabe ainda ao tutor discutir os resultados da avaliação pelos pares, ajudar na gestão de eventuais conflitos, e, na medida do possível, procurar acompanhar o desenvolvimento individual de competências (sobretudo no caso de estudantes com maiores dificuldades). Em termos de serviço docente, o trabalho de tutoria é contabilizado com 0,5 horas semanais por equipa (sem estar associado a uma unidade curricular em particular).

## 5 Discussão

Todas as equipas desenvolveram uma análise geral sobre o processo de planeamento e controlo de produção, da organização fabril (geral ou de parte do sistema de produção) e das condições ergonómicas em alguns postos de trabalho. Na sequência desta análise, as equipas estabeleceram, em conjunto com as empresas, os seguintes objetivos principais:

- Alteração de layout e modo operativo de uma célula de montagem para aumento da flexibilidade, melhoria do balanceamento e do tempo de ciclo.
- Alteração de layout e do processo de auditoria final de controlo de qualidade do produto, para diminuição das deslocações e melhoria das condições de trabalho por diminuição do tempo dentro da sala de controlo (elevada temperatura).
- Aplicação de 5Ss, normalização do trabalho e gestão visual para postos de trabalho específicos.
- Desenho de um sistema de referência genérica de artigos, para redução do número de referências e da carga de gestão.
- Desenvolvimento de programas de apoio à gestão da produção, em Excel VBA.
- Melhoria de sistema de sugestões para aumento da motivação dos funcionários.
- Melhoria de processos de mudança de máquinas por aplicação de SMED (Single Minute Exchange of Die). Em alguns casos, com propostas de sistemas de alimentação direta de ferramentas a máquinas.
- Criação de sistemas de medição do OEE (Overall Equipment Effectiveness).
- Alteração profunda de processos logísticos internos, com apoio à criação de processos de movimentação entre pisos.
- Alteração da forma de organização de armazéns internos.
- Alteração de processos de fluxo interno para melhoria do fluxo e redução de desperdícios.
- Mapeamento de processos, identificação de problemas e redução de tempos de percurso.

Verifica-se assim uma diversidade considerável de áreas de atuação, dependentes, naturalmente, do contexto de cada empresa.

## 6 Considerações Finais

A implementação de projetos PBL em interação com empresas, como o PIEGI2 do 7º semestre do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho (Portugal), visa, acima de tudo, proporcionar aos estudantes o contacto com a realidade empresarial e com tudo o que isso acarreta (problemas reais, comunicação com a empresa, trabalho em equipa, gestão de projetos, etc.).

Em termos práticos, a implementação deste tipo de projetos tem vários requisitos, nomeadamente: (i) uma equipa de docentes (que vai assegurar todo o desenrolar do projeto, incluindo o acompanhamento e a tutoria das equipas de estudantes), (ii) um conjunto de empresas (que vai proporcionar o contexto real de estudo) e (iii) um conjunto de salas de projeto (para que as equipas de estudantes possam ter o seu espaço próprio permanente).

No entanto, o esforço que a equipa de docentes tem que desenvolver para colocar em funcionamento este tipo de projetos semestrais nem sempre é reconhecido pelos pares da academia. Sintoma disso é o frequente questionamento, aquando da definição do serviço docente, da necessidade de contabilização de carga horária para a coordenação do projeto e para a tutoria de equipas de estudantes. Contudo, o feedback francamente positivo que tem sido transmitido não só pelas empresas como pelos estudantes, indica que o PIEGI2 foi, e é, uma aposta bem-sucedida. Assim, os autores acreditam que este artigo contém informação importante que pode ser usada como guia por aqueles que pretendam implementar projetos similares nas suas instituições.

## 7 Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelos projetos COMPETE-POCI-01-0145-FEDER-007043 e FCT-UID-CEC-00319-2013, de Portugal.

## 8 Referências

- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. Washington DC: ERIC Clearinghouse on Higher Education.
- Cai, Y. (2013). Graduate employability: a conceptual framework for understanding employers' perceptions. *Higher Education*, 65, 457–469. doi:10.1007/s10734-012-9556-x
- Christie, M., & de Graaff, E. (2017). The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 5–16. doi:10.1080/03043797.2016.1254160
- Fernandes, S., Flores, M. A., & Lima, R. M. (2012). Student Assessment in Project Based Learning. In L. C. d. Campos, E. A. T. Dirani, A. L. Manrique, & N. v. Hattum-Janssen (Eds.), *Project Approaches to Learning in Engineering Education: The Practice of Teamwork* (pp. 147–160). Rotterdam, The Netherlands: SENSE.
- Fernandes, S., Mesquita, D., Flores, M. A., & Lima, R. M. (2014). Engaging students in learning: findings from a study of project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 39(1), 55–67. doi:10.1080/03043797.2013.833170
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. doi:10.1073/pnas.1319030111
- Jackson, D. (2012). Testing a model of undergraduate competence in employability skills and its implications for stakeholders. *Journal of Education and Work*. doi:10.1080/13639080.2012.718750
- Lima, R. M., Dinis-Carvalho, J., Flores, M. A., & Hattum-Janssen, N. v. (2007). A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), 337 – 347.
- Lima, R. M., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R. M., Arezes, P. M., & Mesquita, D. (2017). Development of Competences while solving real industrial interdisciplinary problems: a successful cooperation with industry. *Production journal*, 27(spe), 1–14. doi:10.1590/0103-6513.230016
- Lima, R. M., Mesquita, D., Fernandes, S., Marinho-Araújo, C., & Rabelo, M. L. (2015, 6–9 July 2015). *Modelling the Assessment of Transversal Competences in Project Based Learning*. Paper presented at the Fifth International Research



Symposium on PBL, part of International Joint Conference on the Learner in Engineering Education (IJCLEE 2015 - IRSPBL 2015), San Sebastian, Spain.

- Lima, R. M., Mesquita, D., & Flores, M. A. (2014, 31/05/2014 - 03/06/2014). *Project Approaches in Interaction with Industry for the Development of Professional Competences*. Paper presented at the Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC 2014), Montréal, Canada.
- Lima, R. M., Mesquita, D., Rocha, C., & Rabelo, M. (2017). Defining the Industrial and Engineering Management Professional Profile: a longitudinal study based on job advertisements. *Production journal*, 27(spe), 1-15. doi:10.1590/0103-6513.229916
- Mesquita, D. (2015). *O currículo da formação em engenharia no âmbito do processo de bolonha: desenvolvimento de competências e perfil profissional na perspetiva dos docentes, dos estudantes e dos profissionais*. (Doutoramento em Ciências da Educação, especialidade em Desenvolvimento Curricular), Universidade do Minho, Braga. (<http://hdl.handle.net/1822/40379>)
- Powell, P. C. (2004). Assessment of team-based projects in project-led education. *European Journal of Engineering Education*, 29(2), 221-230.
- Powell, P. C., & Weenk, W. (2003). *Project-Led Engineering Education*. Utrecht: Lemma.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231.
- Sutherland, J. (2014). *Scrum - a arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo*. São Paulo, Brasil: Leya.

# CDIO Initiative in Brazil - the ways of UNISAL

Lucio Garcia Veraldo Jr<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Production Engineering, Salesian University Center of Sao Paulo, UNISAL Lorena, Brazil

Email: lucio.veraldo@lo.unisal.br

## Abstract

There are many challenges facing higher education institutions. This requires them to always improve the quality of teaching and adapt to the demands of the market. Investing in a new teaching methodology that meets these needs is already a global reality. The process of educating, regardless of the area, is something that must be restructured at all times, not only by the changes of the scenarios, but also to adapt to the different publics and characteristics of the new generations. Since the creation of the Engineering courses of the Salesian University Center of São Paulo (UNISAL) at its Lorena unit, it was established with the purpose of training the knowledge and tools that favor the development of competencies in the identification, formulation and solution of problems related to design, operation and management of work and systems. In addition, the egress is understood to be creative and flexible, to have a critical spirit, initiative, judgment and decision-making ability, to be able to coordinate and act in multidisciplinary teams, to have oral and written communication skills and to know how to value training continued. Given this scenario, the proposed model for the courses refers to the development of students through active learning including the training and qualification of teachers, creation of appropriate teaching spaces and the realization of interdisciplinary projects. Thus, the entry into the CDIO INITIATIVE would be the natural path that occurred in 2016, being the first Brazilian institution to incorporate this world-wide organization of development of the teaching of Engineering and Technology. From now on, UNISAL, together with the Latin American leadership of INICIATIVA, works in the insertion of other Brazilian institutions.

**Keywords:** CDIO INITIATIVE; Engineering; UNISAL, Academic Innovation, Active Learning.

# Iniciativa CDIO no Brasil – os caminhos do UNISAL

Lucio Garcia Veraldo Jr<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário Salesiano de São Paulo, UNISAL Lorena, Brasil.

Email: lucio.veraldo@lo.unisal.br

## Resumo

Muitos são os desafios enfrentados pelas instituições de ensino superior. Isso requer que elas sempre aprimorem a qualidade de ensino e se adequem às demandas do mercado. Investir em uma nova metodologia de ensino que supra essas necessidades já é uma realidade mundial. O processo de educar, independentemente da área, é algo que precisa estar a todo tempo sendo reestruturado, não só pelas mudanças dos cenários, mas também para se adequar aos diferentes públicos e características das novas gerações. Desde a criação dos cursos de Engenharia do Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL) na sua unidade de Lorena, foi estabelecido com o propósito de formação dos conhecimentos e ferramentas que favorecem o desenvolvimento das competências na identificação, formulação e solução de problemas ligados as atividades de projeto, operação e gerenciamento do trabalho e de sistemas. Além disso, o egresso deve ser criativo e flexível, tenha espírito crítico, iniciativa, capacidade de julgamento e tomada de decisão, seja apto a coordenar e atuar em equipes multidisciplinares, habilidade em comunicação oral e escrita e saiba valorizar a formação continuada. Diante deste cenário, o modelo proposto para os cursos remete-se ao desenvolvimento dos alunos por meio de aprendizagem ativa incluindo a formação e capacitação de docentes, criação dos espaços de ensino adequados e a realização de projetos interdisciplinares. Assim, a entrada na INICIATIVA CDIO seria o caminho natural o que ocorreu em 2016, sendo a primeira instituição brasileira a incorporar esta organização mundial de desenvolvimento do ensino de Engenharia e Tecnologia. A partir de agora, o UNISAL, junto com a liderança latino-americana da INICIATIVA trabalha na inserção de outras instituições brasileiras.

**Palavras-chave:** INICIATIVA CDIO; Engenharia; UNISAL, Inovação Acadêmica. Aprendizagem Ativa.

## 1 Introdução

Para Herrera, Muñoz e Salazar (2017), a estrutura organizacional e a dinâmica das empresas levaram a grandes mudanças na forma como os trabalhadores interagem e realizam seu trabalho. Segundo Saad *et al* (2013), a complexidade das organizações levou à necessidade de gerar grupos de trabalho interdisciplinares onde o conhecimento de uma área específica deve ser combinado com outras áreas para atingir os objetivos. O trabalho em equipe é uma disposição pessoal e colaborar com os outros membros com os mesmos objetivos resulta na geração de fluxos de informação, assumindo várias responsabilidades, resolvendo problemas e contribuindo para o desenvolvimento coletivo (TORRELLES *et al*, 2011).

Analisando as necessidades da Educação em Engenharia segundo as exigências e conselhos da indústria e de outras partes interessadas em relação aos conhecimentos, habilidades e atitudes desejadas dos futuros engenheiros sintetizando em listas de atributos, as instituições de ensino foram conduzidas por uma necessidade mais básica, ou seja, a razão pela qual a sociedade precisa de engenheiros, em primeiro lugar (CRAWLEY, BRODEUR e SODERHOLM, 2008).

Conforme Crawley e Brodeur (2010), os padrões CDIO descrevem as características essenciais para que um curso de engenharia forme profissionais com as qualidades almejadas pelo mercado de trabalho atual. Como tal, eles constituem um quadro de melhores práticas para a reforma educacional, tendo em vista a expansão técnica, científica e interpessoal. Os doze padrões foram desenvolvidos em resposta às solicitações de parceiros industriais, líderes do programa e ex-alunos.

A estrutura original das habilidades estabelecidas pela INICIATIVA CDIO foi o produto de um grupo abrangente de grupos focais, composto por professores de engenharia, estudantes, representantes da indústria, comitês de revisão da universidade, ex-alunos e acadêmicos seniores (KON; SALE, 2010).

O objetivo deste artigo é demonstrar o processo de construção dos cursos de Engenharia do UNISAL (Centro Universitário Salesiano de São Paulo), na sua unidade de Lorena, caracterizados pelos padrões preconizados pela INICIATIVA CDIO incluindo o ingresso como a primeira instituição brasileira e os próximos passos de expansão no Brasil e América Latina diante da liderança exercida atualmente. Para tal, serão discutidos os temas relacionados a Educação em Engenharia e a própria Iniciativa.

## 2 Educação em Engenharia

Para Morán (2015) é muito importante que as metodologias de ensino aprendizagem sejam acompanhadas por objetivos pretendidos pela instituição e aprendizagem dos alunos. Se a instituição quer que seus alunos sejam proativos, é necessário adotar metodologias em que estes se envolvam em atividades, com cada vez mais interesse, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes para autoconhecimento.

Segundo BANKEL *et al* (2002) estudantes de engenharia devem se formar com um vasto conhecimento técnico. Eles devem possuir competências pessoais, interpessoais e um sistema natural para trabalhar em equipes, e estar preparados para desenvolver produtos e sistemas. Sua educação deve ser estruturada de tal maneira que no final do curso o engenheiro leve no currículo a capacidade de combinar conhecimento técnico com visões éticas, inovadoras, filosóficas e humanísticas.

Segundo Booth, Sauer e Lima (2011), capacitar o engenheiro a “aprender a aprender” e a atuar em seu meio profissional com competência são objetivos que devem orientar os rumos do processo educativo de sua formação. Parece estar cada vez mais evidente que qualquer remodelação na educação tecnológica deve ser realizada com a inclusão de estudos que provoquem análises críticas entre ciência, tecnologia e sociedade para que, além de profissionais competentes em suas habilidades específicas haja a possibilidade de formar cidadãos comprometidos com o desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável da sociedade. (BAZZO; BARROS, 2011).

A educação está em constante evolução para o aprimoramento da aprendizagem. É extremamente importante verificar a melhor forma de aprender, combinando assim, atividades de desafios, lideranças, trabalho em grupo e informações contextualizadas. Segundo Gemignani (2012) estão acontecendo grandes mudanças curriculares nas disciplinas escolares para a interdisciplinaridade, além de apresentar novas estratégias de ensino incluindo às metodologias ativas considerando assim, um novo desafio para a formação de professores do futuro, futuro este cada vez mais presente.

A atividade do projeto como fonte de desenvolvimento do setor educacional e uma variedade de atividades profissionais-pedagógicas formaram um período suficientemente longo na história da cultura (ALENTEVA, 2015). O método do projeto como ideia pedagógica, tecnologia e forma de trabalho educacional tornou-se generalizado no primeiro terço do século XX. Os filósofos observam que a atividade do projeto da consciência tem a natureza inata e surgiu nos estágios iniciais do desenvolvimento da sociedade ao nível dos ofícios, dos mitos da criação, dos jogos infantis.

O método do projeto de ensino de alunos no ensino médio é um dos componentes da INICIATIVA CDIO (VYBORNOV *et al*, 2014). O método destina-se a proporcionar aos estudantes a possibilidade de aquisição independente de conhecimento na resolução de problemas práticos. O projeto em uma atividade educacional é interpretado como uma atividade razoável, deliberada e planejada, visando o desenvolvimento de um certo sistema de habilidades intelectuais e práticas de um aluno. A técnica de organização da atividade de projeto dos alunos inclui um conjunto de métodos de pesquisa, exploração e problema, de natureza criativa, voltados para a realização independente do resultado planejado.

Crawley e Brodeur (2010) defendem a ideia de que existem duas questões centrais a respeito de como aperfeiçoar a educação de engenharia:

1. Qual é o conjunto completo de conhecimentos, habilidades e atitudes que estudantes de engenharia devem possuir quando eles deixam a universidade, e em que nível de proficiência deva estar?

## 2. O que é possível fazer para garantir que os estudantes aprendam a ter tais habilidades?

A alternativa que os autores propõem é a utilização dos padrões estabelecida pela INICIATIVA, desenvolvidos e implantados em instituições renomadas.

Kon e Sale (2010), apresentam a grande renovação curricular além da revisão crítica do conhecimento técnico e habilidades das estruturas dos cursos e seus módulos diante da infusão sistemática de uma variedade de habilidades de CDIO. Segundo os autores, o destaque da Iniciativa está no pensamento crítico e criativo de sistemas e no gerenciamento de aprendizagem (habilidades e atributos pessoais e profissionais), trabalho em equipe e comunicação (habilidades interpessoais) e conceber, projetar, implementar e operar sistemas em um contexto de engenharia do mundo real.

## 3 Iniciativa CDIO

A estrutura fornece aos alunos os fundamentos de engenharia que enfatizam a educação, configurados no contexto de sistemas e produtos do mundo real *Conceiving - Designing - Implementing - Operating* (CDIO). Em todo o mundo, os colaboradores da Iniciativa CDIO adotaram o CDIO como a estrutura de seu planejamento curricular e avaliação baseada em resultados.

A Iniciativa CDIO foi desenvolvida com a contribuição de acadêmicos, indústria, engenheiros e estudantes e foi projetada especificamente como um modelo que pode ser adaptado e adotado por qualquer escola de engenharia da universidade. Como o CDIO é um modelo de arquitetura aberta, ele está disponível para todos os programas de engenharia da universidade para se adaptar às suas necessidades específicas e está sendo adotado por um número crescente de instituições educacionais de engenharia em todo o mundo.

Segundo Crawley et al (2007), a Iniciativa CDIO tem desempenhado papel fundamental na concepção de currículo, ensino e avaliação em educação de engenharia. Como uma declaração formal dos resultados de aprendizagem pretendidos de um curso de engenharia, foi capaz de:

- Destacar os objetivos gerais de um programa de engenharia;
- Fornecer o quadro para aferição dos resultados;
- Servir de modelo para a redação de objetivos e resultados do curso;
- Fornecer o guia para a concepção do currículo;
- Sugerir métodos apropriados de ensino e aprendizagem;
- Fornecer as metas para a avaliação da aprendizagem do aluno;
- Servir de quadro para a avaliação global do curso; e
- Comunicar professores, alunos e outros interessados sobre a direção e a finalidade de uma educação inovadora na engenharia centrada nos alunos e focada nos resultados.

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

Analisando as necessidades da Educação em Engenharia segundo as exigências e conselhos da indústria e de outras partes interessadas em relação aos conhecimentos, habilidades e atitudes desejadas dos futuros engenheiros sintetizando em listas de atributos, as instituições de ensino foram conduzidas por uma necessidade mais básica, ou seja, a razão pela qual a sociedade precisa de engenheiros, em primeiro lugar (CRAWLEY, BRODUER e SODERHOLM, 2008). Os autores descrevem o ponto de partida da INICIATIVA CDIO (*Conceived-Design-Implement-Operate*) na atualização da necessidade subjacente de educação de engenharia acreditando que todo engenheiro graduado deve ser capaz de: Conceber-Projetar-Implementar-Operar produtos, processos e sistemas complexos de engenharia. O engenheiro deve ser capaz de trabalhar em ambientes modernos baseados em equipe na qual terão a responsabilidade de executar uma sequência de tarefas, a fim de projetar e implementar um produto, processo ou sistema dentro de uma organização.

Importante salientar que nem todos os professores dos cursos de Engenharia são engenheiros, portanto dois dos pilares do processo de aprendizagem propostos pela INICIATIVA remete a formação dos professores, seja no ambiente pedagógico, seja no ambiente profissional específico da disciplina.

As diferentes etapas do processo CDIO são descritas e relacionadas às várias etapas de um projeto destacando a importância de uma comunicação efetiva e construção de relacionamentos com parceiros industriais. Os alunos foram expostos à realidade do trabalho de engenharia no contexto do mundo real em que as habilidades interpessoais e de negociação podem se tornar tão importantes como a competência técnica para fazer o trabalho. Muitas vezes é necessário que alterações ocorram no projeto diante das percepções dos resultados (KON; SALE, 2010).

A Iniciativa tem três objetivos gerais de modo a desenvolver os estudantes para que possam demonstrar (ZAMYATINA *et al*, 2014):

- Conhecimento aprofundado dos princípios básicos relacionados à engenharia de sua profissão;
- Especialização em desenvolvimento e uso de novos produtos e sistemas;
- Compreensão da importância e do valor estratégico do desenvolvimento tecnológico da sociedade.

Como parte das competências necessárias para a completa formação do egresso em Engenharia, Crawley *et al* (2007) apresenta as habilidades e atributos pessoais e profissionais; habilidades interpessoais: trabalho em grupo e comunicação; além do entendimento em conceber, projetar, implementar e operar sistemas de uma empresa além do envolvimento com o contexto social. Esta contextualização social envolve regulamento, papéis, responsabilidade e o impacto da Engenharia nos valores da sociedade e perspectiva global.

## 4 UNISAL – Ingresso a Iniciativa CDIO

Desde 2011 o UNISAL (Centro Universitário Salesiano de São Paulo) oferece cursos de Engenharia na Unidade de Lorena. Atualmente conta com as seguintes especialidades: Civil, Computação, Elétrica, Mecânica e Produção. A partir de 2013, após o conhecimento da INICIATIVA CDIO por meio da participação da Conferência Internacional realizada no MIT nos Estados Unidos, o processo de ensino aprendizagem dos cursos se adequaram as práticas idealizadas pelo Programa. Para isso a instituição investiu em adequações e construção de prédios, laboratórios, salas de aula, formação de professores dentre outras ações que foram estabelecidas com a intenção de seguir os padrões estabelecidas pela Iniciativa.

A Fig. 1 apresenta o processo de criação dos cursos de Engenharia e o início da participação na INICIATIVA CDIO.

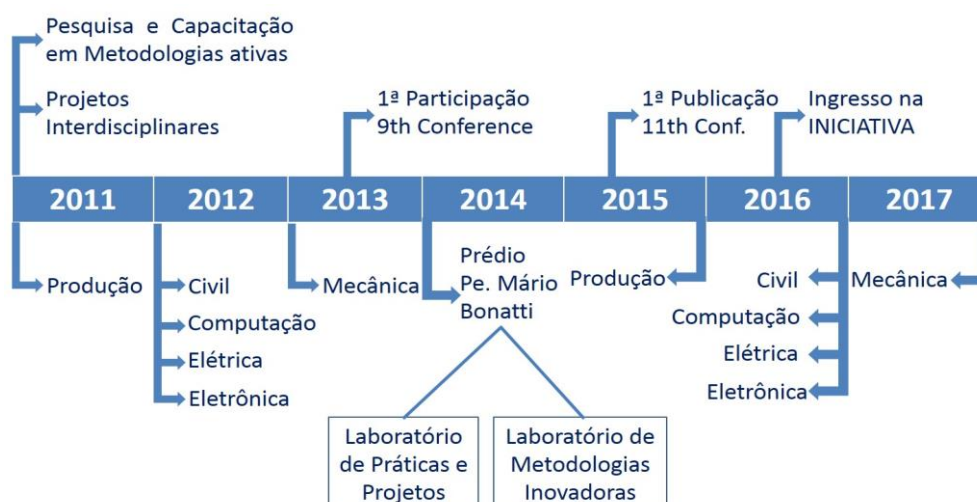


Figura 2. Fluxo das etapas de criação dos cursos de Engenharia para o ingresso na INICIATIVA CDIO.

## 4.1 Passo a passo

A participação nas Conferências Internacionais possibilitou a visualizar experiências de outras instituições de todos os continentes caracterizando o que deveria ser executado no UNISAL para o ingresso na INICIATIVA CDIO. O ponto mais relevante foi que, independente do desconhecimento desta organização, os cursos de Engenharia foram estruturados de modo que o aluno tivesse uma formação completa não apenas associado ao conhecimento adquirido, mas sua real aplicação no ambiente profissional.

Os passos para o ingresso à INICIATIVA CDIO são:

- Interesse na INICIATIVA: Familiarização quanto ao Processo. Informações no site, Contato/Visita com instituições membro, Participação em reuniões regionais e Conferências (Oficinas Introdutórias e Seminários).
- Levantamento das Evidências: 12 Standards enfatizando os destacados (Fotos; Videos).
- Apoio e Compromisso da Instituição: carta
- Formulário de Aplicação: Qual o seu conhecimento prévio da Iniciativa CDIO? Por que a sua universidade quer aderir à Iniciativa CDIO? Para que os seus programas que você planeja aplicar inicialmente CDIO? Que metas você espera alcançar? Como Membro Colaborador qual seria o seu plano para a participação na Iniciativa Internacional CDIO? Como você vê a participação de outras universidades e desenvolver a iniciativa localmente? Que experiência você tem em Engenharia reforma educativa na sua universidade que possam contribuir para o esforço e formar uma base para o trabalho como um colaborador? Qual o nível de compromisso e apoio que você tem de Dean e Central de Liderança da sua universidade? Equipe dedicada.
- Processo de Autoavaliação: Respondentes diferenciados: Coordenação; Professores; Alunos; Órgãos de Classe; Mercado. Incluir resultados dos 12 standards.
- Envio dos documentos: lideranças regionais.

Para identificar a visão do corpo docente dos cursos das Engenharias foi aplicado o questionário desenvolvido pela INICIATIVA na qual os 12 padrões são avaliados diante de uma escala de aderência dos cursos e da instituição ao propósito estabelecido. Os três itens destacados nesta avaliação foram os espaços de trabalho na qual laboratórios e salas de aula concebidas de modo a priorizar o protagonismo do aluno no processo de ensino aprendizagem, a experiência em projetos diante da realização de projetos interdisciplinares desde o 1º semestre de cada curso e a aplicação de metodologias ativas de ensino pelo fato da capacitação de professores desde o início dos cursos.

Tal fato, motivou a coordenação dos cursos das Engenharias à submissão de um artigo científico na 11th *International Conference* realizado em Chengdu (China) apresentando o que a instituição havia executado até o momento, descrevendo uma aplicação de aprendizagem ativa na disciplina de Mecânica dos Fluidos do curso de Engenharia de Produção mostrando também, a avaliação das competências desenvolvidas pelos alunos.

Com a mudança da coordenação dos cursos, o objetivo maior seria o ingresso a INICIATIVA diante da vanguarda brasileira nos cursos de Engenharia pelo desenvolvimento do processo de aprendizagem dos alunos por meio de projetos interdisciplinares e principalmente, na configuração das salas de aula e laboratórios além da formação dos professores nas competências pedagógicas e técnicas.

Assim, as seguintes ações foram realizadas sob este propósito:

1. Apoio da Direção – Carta declarada de apoio e incentivo aos cursos das Engenharias direcionando aos padrões estabelecidos pela INICIATIVA;
2. Documentação – Preenchimento de questionários e formulários apresentando as características da instituição e dos cursos;
3. Meeting Regional – Participação de forma inédita por uma instituição brasileira, a reunião latino-americana realizada em Concépcion (Chile) era a porta de entrada para compartilhar informações e principalmente, ao ingresso à INICIATIVA.
4. Apresentação Evidências – Identificado as características de cada padrão estabelecido pela INICIATIVA e apresentado as lideranças da região Latino-americana.



Em 13 de maio de 2016, o UNISAL foi reconhecido como a primeira instituição, e até o momento a única do Brasil, como participante da INICIATIVA.

Quanto as evidências de destaque da instituição, segue por Standard:

- Standard 1 – Contexto CDIO: Educação baseada em Projetos (Disciplinares, Interdisciplinares, Científicos, Tecnológicos e Sociais).
- Standard 4 – Introdução à Engenharia: Disciplina em todos os cursos das Engenharias (Ementa: Metodologia de desenvolvimento de projetos. Fases e componentes de um projeto. Projetos Interdisciplinares. Iniciativa CDIO. Planejamento e controle de projetos. Aplicações em Projetos de Produto, Processos e do Trabalho. Os projetos de engenharia. Gerenciamento de Escopo e Risco.
- Standard 5 – Experiências em Projetos: desde 2011, os cursos de Engenharia realizam projetos interdisciplinares e a partir de 2016, os mesmos foram incorporados as matrizes curriculares passando a disciplinas de projetos em todos os semestres.
- Standard 6 – Espaços de Aprendizagem: tendo sido concebidos por meio da aprendizagem ativa com o protagonismo do aluno, os locais de ensino se destacam: Laboratório de Práticas e Projetos, Salas de Aula com carteira sextavada (grupos), Laboratório de Metodologias Inovadoras.
- Standard 7 – Experiências Integradas: As atividades complementares são aquelas de caráter acadêmico, científico e cultural desenvolvidas pelo estudante durante o período de graduação, consideradas relevantes para a sua formação, devendo cumprir no mínimo 400 horas. São classificadas em: Atividades de Ensino (Monitorias, curso de idiomas, etc.), Atividades de Pesquisa e Produção Científica (Iniciação científica, artigos acadêmicos, etc.), Atividades de Extensão (Projetos sociais, visitas técnicas, etc.), Atividades Socioculturais, Artísticas e Esportivas (Representação estudantil, participação em campeonatos, etc.)
- Standard 8 – Aprendizagem Ativa: A instituição desenvolve e lidera um programa acadêmico e profissional para as Américas, afiliado a Universidade de Harvard conhecido com STHM Brasil na qual participam mais de 45 instituições.
- Standard 10 – Formação Docente: o NAP (Núcleo de Assessoria Pedagógica) foi criado para formação e a prática pedagógica dos docentes frente às demandas do mundo contemporâneo e aos desafios do Ensino Superior.

## 4.2 Realizações Efetivadas

Após o ingresso do UNISAL na INICIATIVA CDIO, uma série de ações foram planejadas de modo a fortalecer a presença no país, expandindo em outras instituições brasileiras além de fomentar em países latino-americanos sem instituições participantes. Atualmente, Colômbia, Chile e Brasil tem instituições participantes.

Assim, as seguintes ações foram realizadas sob este propósito:

1. Plenária COBENGE (2016) – Sob responsabilidade do IME (Instituto Militar de Engenharia – RJ) foi apresentado maiores informações da INICIATIVA incluindo as ações da instituição. Foram convidados à participarem do I CDIO *Brazilian Meeting*.
2. I CDIO *Brazilian Meeting* (2016) – realizado na cidade de Lorena, teve como principal objetivo, apresentar o que é a INICIATIVA e a forma de ingresso, além de oficinas dedicadas a aprendizagem e avaliação ativa. Houve a participação de 22 instituições incluindo públicas e privadas, entre as mais renomadas do país. A Figura 2 mostra a programação do evento:



The UNISAL is the first Brazilian institution to be recognized by the CDIO Initiative, a worldwide organization that proposes the development of engineering courses through academic projects. CDIO gathers 130 HEI worldwide. Being part of this select group is a gain for the entire academic community.

Come learn which are *academic innovations* that made the difference for our institution be vanguarda in engineering teaching. We want to share our experience together with the achievements of each institution in the academic innovation of engineering courses. So I would invite the participation of this event:

**Date:** october 26-27, 2016  
**Location:** LMI (Laboratório de Metodologias Inovadoras), UNISAL Lorena.

**Schedule (26):**  
 1:30pm – Welcome  
 1:45pm – CDIO Initiative: 12 standards  
 2:15pm – Team Work: actions for deployment  
 2:45pm – UNISAL: First Brazilian institution in the CDIO Initiative  
 3:30pm – Break and networking  
 4:00pm – Experiences of institutions  
 5:30pm – Visit engineering facilities  
 6:00pm – Break and networking  
 6:30pm – Presentation Teams (Joint action plan)  
 7:30pm – CDIO Brazilian Cooperation Network  
 8:15pm – Closing

**Schedule (27):**  
 8:15am – Welcome  
 8:30am – Active Learning (Methods)  
 9:15am – Enhancement of Faculty Competence (Teacher Training)  
 10:00am – Break and networking  
 10:30am – Classroom (Practice)  
 11:00am – Classroom (Assessment)  
 11:30am – Closing

Registration: until 10/21.  
 Sent to mail a aramis.pereira@lo.unisal.br.  
 Max: 3 persons/institution  
 Cost: free

**More information:** [www.cdio.org](http://www.cdio.org)

Figura 2. Banner de divulgação da programação do primeiro evento oficial da INICIATIVA CDIO no Brasil.

3. Divulgação das aplicações da INICIATIVA por meio de publicações de artigos científicos em congressos nacionais e internacionais;
4. Palestras de divulgação da INICIATIVA bem com as aplicações realizadas no UNISAL;
5. Participação na organização do V CDIO Latino-americano (2017) realizado na Colômbia;
6. UNISAL foi declarado uma das lideranças da região latino-americana da INICIATIVA.

Além disso, ações pedagógicas foram desenvolvidas:

1. Avaliação por competências – Carta declarada de apoio e incentivo aos cursos das Engenharias direcionando aos padrões estabelecidos pela INICIATIVA;
2. Cursos de Extensão – Preenchimento de questionários e formulários apresentando as características da instituição e dos cursos;

### 4.3 Próximos passos

É expectativa da instituição e também da INICIATIVA o crescimento da organização não só no Brasil, mas em toda a América Latina. Diante deste potencial cenário de expansão, serão realizadas as seguintes ações já programadas:

1. II CDIO *Brazilian Meeting* (2018) – Será realizado no UNISAL na sua unidade de Lorena na qual pretende reunir ao menos 10 instituições brasileiras interessadas no ingresso a INICIATIVA CDIO. O propósito do encontro é:
  - Apresentar os padrões estabelecidos pela INICIATIVA;
  - Compartilhar o processo de postulante a INICIATIVA envolvendo documentações e evidencias;
  - Promover oficinas quanto a metodologias de aprendizagem e suas respectivas avaliações;
  - Realizar um congresso técnico quanto ao desenvolvimento das instituições.



Figura 3. Instituições e empresas participantes.

2. VI CDIO *Latino-americana Meeting* (2018) – Será realizado em Lorena na qual pretende uma participação maciça de instituições do Brasil, Colômbia, Chile e outros. O compartilhamento de experiências educacionais e as boas práticas desenvolvidas será o principal objetivo. Espera-se o ingresso de novas instituições à INICIATIVA CDIO de toda a América Latina;
3. Capacitação Docente – Desenvolver os professores da instituição tanto na área pedagógica como na área profissionalizante fomentando parcerias com as empresas da região;
4. Rede de Cooperação e Mobilidade – a partir dos eventos realizados, tem-se o propósito de estabelecer uma comunidade cooperativa do processo educacional dos cursos da Engenharia de modo a criar mobilidade entre estudantes e professores além de projetos de pesquisa conjunto;
5. Alunos na Conferência Internacional – Como fato marcante, espera-se a oportunidade de publicação e, principalmente a participação de alunos na 14th *International Conference* (Kanazawa, 2018).

## 5 Considerações Finais

Os cursos de Engenharia do UNISAL em Lorena foram moldados a cumprir as propostas definidas nos padrões estabelecidos pela INICIATIVA CDIO. O ingresso pioneiro proporcionou forte destaque nas principais instituições de ensino de Engenharia do Brasil.

Para tal o objetivo deste artigo foi demonstrar as ações tomadas desde a criação dos cursos e adaptações da instituição, tanto no ambiente de trabalho (salas e laboratórios) quanto no processo de aprendizagem e avaliação do ensino.

É importante salientar que o desenvolvimento do aluno tem que ser por completo de modo a atender o mercado. Para tal a análise da empregabilidade de acordo com as áreas de atuação de cada modalidade da Engenharia é fator preponderante na eficiência e eficácia quanto ao processo de ensino-aprendizagem estabelecido.

Além disso, um estudo quanto a outras competências de formação do estudante deve ser pesquisado. Assim, o CHA (Conhecimentos, Habilidades e Atitudes) passa a ser o CHAVE (Conhecimentos, Habilidades, Atitudes, Valores e Emocional). Criar e aplicar formas de avaliação para que essas novas características estudadas sejam validadas e replicadas.

## 6 Referências

- Alenteva, E. I. et al. The Content of the Practical Component in the Training of Future Teachers in the CDIO Format. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, v. 6, n. 6 S7, p. 11, 2015.
- Bankel, J. et al. The CDIO Syllabus. A comparative study of expected student proficiency, 2002.
- Bonatto, A. et al. Interdisciplinaridade no Ambiente Escolar. IX AMPED SUL, 2012. Disponível: <http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2414/501>. (Acesso em: 24 Set 2017).
- Booth, I. A.; Sauer, L. Z.; Lima, I. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma estratégia de aprendizagem ativa com potencial interdisciplinar na educação em engenharia. Anais: XXXIX Congresso Nacional de Educação em Engenharia (COBENGE). Blumenau: FURB, 2011.

- Crawley E.F., Malmqvist J., Ostlund S., & Brodeur D. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. New York, NY: Springer, 2007.
- Crawley, E.F., Brodeur, D. R., Soderholm, Diane H. The education of future aeronautical engineers: conceiving, designing, implementing and operating. *Journal of Science Education and Technology*, v. 17, n. 2, p. 138-151, 2008.
- Crawley, E. F. Brodeur, D. R. The Education of Future Aeronautical Engineers: Conceiving, Designing, Implementing and Operating. 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 2010.
- Gemignani, Y. M. E; Formação de Professores e Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem: Ensinar para a Compreensão. *Revista Fronteira das Educação* [online], Recife, v.1, n.2, 2012. ISSN: 2237-9703.
- Herrera, R. F., Muñoz, F. C., Salazar, L. A. Perceptions of the development of teamwork competence in the training of undergraduate engineering students. *Global Journal of Engineering Education* 19.1, 2017.
- Kon, A. Sale, D. Enhancing the CDIO learning experience through industrial partnered real world engineering projects. In: 6th International CDIO Conference. 2010.
- Morán, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção Mídias contemporâneas. Educação e Cidadania*, Vol I. EPG. 2015.
- Torrelles, C., Coiduras, J.L., Isus, S., Carrera, F.X., París, G. AND Cela, J.M., Competencia de trabajo en equipo: definición y categorización. *Profr. Rev. Curric. y Form. del Profr.*, 15, 3, 329-344, 2011.
- Vybornov, N.A., Levchenko, A.A., Likhter, A.M., & Smirnov, V.V. Research practice as a constituent of the worldwide CDIO initiative. *Proceedings of the 5th International methodological conference on "Changes in Education in the 21st century: Best International Practices and Russian Experience. How to Form Business Mindset and Innovative Thinking"*. Astrakhan: Astrakhan State University Publishing House. pp. 17-18, 2014.
- Zamyatina, O. M., et al. "Information technologies in engineering education: project activity and competence assessment." *SGEM2014 Conference on Psychology and Psychiatry, Sociology and Healthcare, Education*. Vol. 3. No. SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-24-7/ISSN 2367-5659, September 1-9, 2014, Vol. 3, 411-418 pp. STEF92 Technology, 2014

# Projects Laboratory: building a university through PBL

André Luiz Aquere<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brasília, Brazil

Email: andre@unb.br

## Abstract

This paper discusses a model of Project Based Learning (PBL), carried out at the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Brasília (ENC / UnB) between 2005 and 2010. More than a theoretical discussion about the application of PBL in engineering learning - a subject widely discussed in the literature - this article focuses on the potentialities and difficulties present in such experience, based on its life cycle, from its idealization to its closure. The experience in question, named "Projects Laboratory", sought to take advantage of a moment of physical expansion of the University of Brasília, to integrate graduate and postgraduate students of the various engineering courses taught at the Faculty of Technology, with the objective of developing buildings for the university. In this article, we present the assembly of the experience, the formation of the teams, the role of the teachers and the difficulties faced. At the end, we discuss the factors that led to its closure and the expected changes to resume the experience in a format more compatible with the current curricular structure of the civil engineering course of UnB.

**Keywords:** Project-Based Learning; Active Learning; University-Business Cooperation; Engineering Education.

# Laboratório de Projetos: construindo uma universidade via PBL

André Luiz Aquere<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Technology, University of Brasília, Brasília, Brazil

Email: andre@unb.br

## Resumo

O presente artigo discute um modelo de utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), realizada no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (ENC/UnB), entre os anos de 2005 e 2010. Mais do que uma discussão teórica sobre a aplicação de PBL na aprendizagem em engenharia – assunto largamente discutido na literatura – este artigo foca nas potencialidades e dificuldades presentes em tal experiência, tendo por base seu ciclo de vida, desde sua idealização ao seu encerramento. A experiência em questão, denominada “Laboratório de Projetos” buscou, aproveitando um momento de expansão física da Universidade de Brasília, integrar alunos de graduação e de pós-graduação dos diversos cursos de engenharia ministrados na Faculdade de Tecnologia, tendo como objeto o desenvolvimento de edifícios reais para a universidade. Neste artigo, apresenta-se a montagem da experiência, a formação das equipes, o papel dos docentes e as dificuldades enfrentadas. Ao final, discute-se os fatores que levaram ao seu encerramento e as alterações previstas para retomada da experiência em um formato mais compatível com a atual estrutura curricular do curso de engenharia civil da UnB.

**Keywords:** Project-Based Learning; Active Learning; Engineering Education, Building Design.

## 1 Introdução

A utilização de metodologias de aprendizagem está presente nos cursos de engenharia já acerca de meio século (Fink, 1999). Tais metodologias, como mostrado por Fink, geram egressos com claras diferenças em especial no tocante a: (1) Comunicação oral e escrita, (2) habilidade para identificar e definir problemas de engenharia, (3) habilidade para levar a termo projetos completos de engenharia, (4) habilidade para pesquisa e desenvolvimento, (5) capacidade de trabalho cooperativo com pessoas de diferentes formações educacionais e culturais e (6) capacidade de considerar as questões sociais nas soluções técnicas apresentadas.

Dentre tais metodologias, a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) em que “Problemas do mundo real, complexos, com soluções abertas e dados fracamente definidos geram o contexto do aprendizado” (Prince & Felder, 2006), tem sido largamente utilizada em universidade de diferentes países (Guerra, Ulseth, & Kolmos, 2017).

Em especial, no contexto do ensino de engenharia no Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia lista habilidade e competências gerais destinadas a capacitar o aluno a “absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade” (CNE/CES, 2001)

De fato, as Diretrizes Curriculares enfatizam o fato de que além das competências técnicas necessárias as soluções de problemas em sua área de atuação, a formação do engenheiro deve estimular o desenvolvimento das ditas competências transversais, identificadas na literatura, dentre elas o trabalho em equipe, a capacidade de comunicação e a capacidade de lidar com o imprevisto (Cai, 2013).

O presente artigo busca apresentar uma experiência de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), realizada no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (ENC/UnB), entre os anos de 2005 e 2010, utilizando um modelo denominado Laboratório de Projetos. Mais do que uma discussão teórica sobre a aplicação de PBL na aprendizagem em engenharia este artigo foca na descrição da implantação e operação do modelo discutindo, ainda, as potencialidades e dificuldades presentes em tal experiência. O modelo em questão buscou integrar alunos de graduação e de pós-graduação dos diversos cursos de

engenharia ministrados na Faculdade de Tecnologia, tendo como objeto o desenvolvimento de edifícios reais para a universidade.

Espera-se com este artigo auxiliar a replicação do modelo proposto – com os devidos ajustes – em outros cursos de engenharia civil.

## **2 Formulação do Modelo**

O modelo aqui proposto parte do princípio de que o processo de projeto de edifícios é um problema multidisciplinar que envolve múltiplas lógicas disciplinares: engenharia civil (estruturas, fundações, sistemas hidrossanitários, sistemas construtivos, orçamentação), engenharia elétrica (instalações elétricas, sistema de proteção contra descargas atmosféricas), engenharia de redes (cabeario estruturado, rede *wifi*), engenharia mecânica (climatização, ventilação mecânica, elevadores), engenharia mecatrônica (automação predial), engenharia florestal (paisagismo), engenharia de produção (gestão de projetos, organização da produção) e arquitetura (planejamento físico, definição de layout).

Ainda, a produção de um projeto de edifício contextualiza disciplinas clássicas dos cursos de engenharia, levando aos alunos a necessidade de mobilizar competências técnicas na formulação e resolução dos problemas que lhe são apresentados, como são forçados ao diálogo não só com estudantes de outras disciplinas como também com os professores, profissionais externos e, em algumas situações, com os usuários do edifício a ser projetado. Neste processo de identificação, análise e construção coletiva de uma solução, as competências transversais relacionadas à comunicação (oral, escrita e gráfica) e à liderança tornam-se fundamentais (Aquere, Dinis-Carvalho, & Lima, 2009).

Entende-se aqui, “projeto de edifício” como o conjunto de especificações técnicas necessárias a perfeita definição do edifício a ser produzido. Não obstante, em determinados momentos o termo “projeto de edifício” é utilizado para definir o processo de produção do referido conjunto de especificações técnicas anteriormente descrito. Nestes casos, busca-se utilizar o termo “processo de projeto de edifício” para diferenciar o “projeto” tomado como processo, do “projeto” tomado como produto (Aquere, Dinis-Carvalho, & Lima, 2013; Aquere, 2010).

De tal forma, o processo de projeto de um edifício configura um ambiente propício ao desenvolvimento de abordagens PBL, em especial se o objeto a ser projetado tratar-se de um edifício real, com limitações de tempo, custo e escopo.

A formulação do modelo, portanto, passa pela seleção do edifício a ser projeto, a identificação das disciplinas curriculares correlatas, a montagem da equipe, organização do processo de projeto e a definição dos procedimentos de avaliação.

### **2.1 Seleção do edifício a ser projetado**

A concretização da proposta tem início quando, em final de 2003, foi aceito pela administração superior da Universidade de Brasília, que os projetos de engenharia para os novos edifícios da universidade fossem desenvolvidos no âmbito da própria universidade, em uma abordagem oriunda da engenharia simultânea e destinada a perceber o edifício como um produto único a ser concebido segundo uma lógica transdisciplinar, em um ambiente que envolvesse professores, alunos de graduação e pós-graduação das diversas disciplinas/especialidade necessárias, em um ambiente de trabalho colaborativo voltado ao aprendizado baseado em projetos reais de engenharia.

Para tal, aproveitou-se um momento de expansão física das universidades brasileiras e a cultura organizacional já estabelecida na UnB – desde sua criação – de desenvolvimento dos projetos de arquitetura de seus edifícios no ambiente interno da universidade, utilizando-se para tal o Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN). Embora o CEPLAN seja um órgão administrativo, sem vinculação acadêmica, com equipe formada por arquitetos contratados especificamente para a atividade de projeto, a sua ligação histórica com docentes da Faculdade de Tecnologia (FT/UnB) e da Faculdade de Arquitetura (FAU/UnB), criou a ponte com o Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (ENC/UnB) para a experiência aqui proposta.



A seleção de um edifício para a implantação do modelo PBL aqui descrito, teve por base os seguintes requisitos:

- Edifício de baixa a média complexidade, compatível com as competências desenvolvidas pelos alunos em suas disciplinas de graduação;
- Proposta arquitetônica compatível com a utilização de estrutura em concreto armado. Restrição esta originada da equipe de docentes que aceitaram participar da experiência;
- Existência prévia de um Programa de Necessidades concluído e de um Estudo Preliminar em andamento no CEPLAN;
- Prazos administrativos, definidos pela administração superior em seu Plano de Desenvolvimento Institucional, compatíveis com o calendário acadêmico.

Tais requisitos, aliados aos preparativos necessários de um espaço físico adequado para o desenvolvimento do projeto, aquisição de equipamentos (computadores, impressoras) e de softwares (via parceria com empresas privadas de desenvolvimento de softwares) levaram o início da primeira versão da experiência para o primeiro período letivo de 2005.

O edifício selecionado para a primeira experiência, previa área entre 1.000 e 2.000 m<sup>2</sup>, um único pavimento e estrutura em concreto armado.

## 2.2 Identificação das disciplinas curriculares

A Tabela 1 apresenta a correlação entre as disciplinas profissionais envolvidas no projeto do edifício selecionado e as disciplinas curriculares a elas relacionadas, conforme modelo em análise.

Tabela 1 – Correlação entre disciplinas profissionais e disciplinas curriculares

<b>Disciplina Profissional</b>	<b>Disciplina Curricular</b>	<b>Curso</b>	<b>Período Curricular</b>
Arquitetura	X	X	X
Estrutura	Projeto de Edifícios	Eng. Civil	10
Fundações	Fundações Estruturais	Eng. Civil	8
Sist. Elétricos	TCC - Instalações Elétricas Prediais	Eng. Civil	9
	Instalações Elétricas	Eng. Elétrica	8
Sist. Hidrossanitários	Sistemas Hidráulicos Prediais	Eng. Civil	9
Sist. de Comunicação	Cabeamento Estruturado	Eng. de Redes	6
Sist. de Climatização	Instalações Termomecânicas 2	Eng. Mecânica	9
Orçamentação	Planej. e Controle de Construções	Eng. Civil	8

OBS: As disciplinas curriculares seguem os currículos adotados na UnB no período em análise.

Todas as disciplinas curriculares apresentadas na Tabela 1 são de caráter obrigatório aos alunos em seus cursos de graduação, com exceção da disciplina “Projeto de Edifícios” que é de caráter eletivo.

Quando da implantação do modelo, os professores das disciplinas “Projeto de Edifícios” e “Planejamento e Controle das Construções” não aceitaram participar do projeto, obrigando a adoção de estratégias próprias a cada situação.

No caso de “Projeto de Edifícios”, buscou-se a participação de alunos do curso de pós-graduação em estruturas e construção civil. A participação de alunos de pós-graduação se dá tanto no trabalho efetivo de projeto, como na figura de tutores dos alunos de graduação.

No caso da disciplina “Planejamento e Controle de Construções” optou-se por transferir a elaboração de orçamentos para a equipe de profissionais do CEPLAN.

A disciplina profissional “Arquitetura”, por premissa inicial do modelo, ficou a cargo dos profissionais do CEPLAN, não interagindo com a estrutura curricular do curso de graduação em arquitetura e urbanismo.

Verifica-se na Tabela 1 a distribuição das disciplinas curriculares elencadas não só em diferentes períodos curriculares – do sexto ao nono período – como, também, sua vinculação a quatro diferentes cursos de graduação.

Tal configuração permite exercitar, em torno de um mesmo projeto, tanto a interação entre alunos de diferentes semestres de um mesmo curso, como entre alunos de diferentes cursos de graduação. Por fim, o modelo, na forma descrita, acrescenta a este universo as interações entre estudantes de graduação e pós-graduação e, com a introdução do CEPLAN, a relação entre estudantes e profissionais externos ao universo acadêmico.

A Figura 1 sintetiza as interações presentes no modelo.

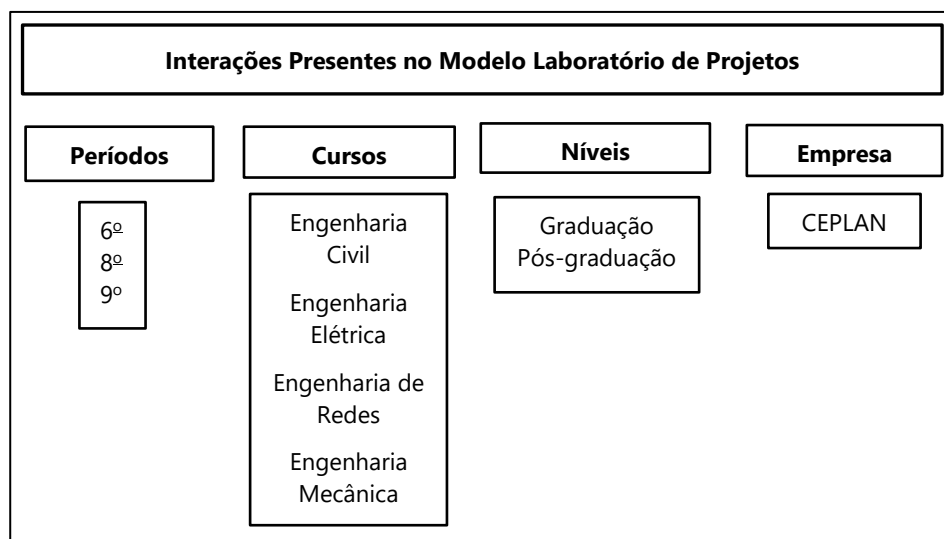


Figura 7: Interações presentes no modelo Laboratório de Projetos

## 2.3 Montagem da equipe

A utilização de projetos de edifícios reais – edifícios que serão construídos – em um modelo PBL, introduz um desafio a mais na configuração das equipes: a necessidade de atribuição de responsabilidade técnica aos autores do projeto, conforme preconiza a Lei Nº 5.194/1966, que regula o exercício da profissão de engenharia no Brasil (Planalto, 2018).

De tal forma, embora o desenvolvimento do projeto possa ser atribuído aos estudantes de graduação, a anotação de responsabilidade técnica junto ao Conselho de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) deve ser realizada por profissional devidamente registrado no Conselho.

É neste momento que os professores são chamados a atuarem não só como tutores da aprendizagem, mas, também, como profissionais credenciados junto ao CREA em suas áreas de atuação. É sobre eles que recai a responsabilidade técnica sobre os projetos realizados. Ou, em caso de ausência de um professor em determinada área – como descrito em 2.2 – no estudante de pós-graduação que assumir a tutoria de determinada disciplina.

Portanto, a equipe de projeto é constituída por professores, alunos de pós-graduação, alunos de graduação e profissionais externos, com atribuições específicas conforme apresenta a Tabela 2.

A participação dos professores se dá por convencimento, após a apresentação da proposta de projeto em reunião do Colegiado do Departamento e explanações individualizadas. Após a adesão, inicia-se o planejamento da experiência e montagem da equipe.

Os alunos de pós-graduação são selecionados após candidatura e autorização por parte de seus professores orientadores. O número e especialidade dos alunos de pós-graduação são definidos pelos professores envolvidos no projeto.

A participação dos alunos de graduação é voluntária e se dá na forma de uma seleção baseada em análise do histórico escolar e em entrevista realizada pelos alunos de pós-graduação, com acompanhamento de um professor, na qual são valorizadas a iniciativa, a motivação e a capacidade de organização de ideias e argumentação. A seleção tem início com a divulgação do projeto no processo de matrícula, com foco nos alunos que irão cursar as disciplinas afetas ao projeto, e abertura de candidatura seguida da seleção.

Tabela 2: Composição da equipe de projeto, atribuições e envolvimento

Componente	Atribuições	Envolvimento
Professor	Montagem da experiência Tutoria Responsabilidade Técnica Avaliação	Mínimo de 1 hora diária
Aluno de Pós-graduação	Tutoria Participação na execução Responsabilidade Técnica Avaliação	Mínimo de 2 horas diárias
Aluno de Graduação	Execução do projeto Autoavaliação	4 horas diárias
Profissional Externo	Execução do projeto Fornecimento de informações Participação em reuniões	Variável

A Figura 2 apresenta parte da equipe da primeira experiência do Laboratório de Projetos, tendo a esquerda estudantes de pós-graduação à direita alunas de graduação e ao centro duas profissionais. Foto tirada após uma reunião de acompanhamento de projeto. Na Figura 3, a equipe – agora com a presença de professores – em um momento de comemoração após término de uma etapa de projeto.



Figura 2: Componentes da primeira equipe PBL.



Figura 3: Equipe em momento comemorativo.

Outro desafio a ser enfrentado é a diferença entre os ciclos de vida do projeto e do período letivo. Em muitos casos, a duração do projeto é superior aos quatro meses de período letivo regular de um curso de graduação, não permitindo ao aluno de graduação a participação, como atividade PBL, da experiência completa de elaboração do projeto. Nestes casos, buscou-se manter o aluno, na condição de estagiário, após o término do período letivo. Tal dinâmica funcionou, ainda, como estímulo à participação de alunos na experiência proposta.

## 2.4 Organização do processo de projeto

Como apresentado no item 2, o modelo aqui proposto tem como pressuposto que o projeto de edifício deve ser abordado de forma sistêmica e holística. Para tal, o fluxo de projeto tradicional, no qual existe prevalência tanto hierárquica quanto temporal entre (sub)projetos de disciplinas/especialidades, em uma abordagem

sequencial e interdisciplinar, deve ser substituído por uma visão do conjunto do edifício a ser projetado, em uma abordagem paralela e transdisciplinar. Tal pressuposto gerou o desenvolvimento de uma metodologia de projeto denominada “Célula de Projetos” (Aquere, 2010), que passou a ser a base do trabalho do Laboratório de Projetos.

Em tal metodologia, o ciclo de vida do projeto é definido com quatro etapas, relacionadas a um produto a ser entregue: Fase A – Concepção do Produto, Fase B – Definição do Produto, Fase C – Identificação e Solução de Interfaces e Fase D – Detalhamento do Produto (AGESC, 2018). A definição de um único ciclo de vida para todas as disciplinas envolvidas possibilita a visão holística do processo de projeto e o trabalho colaborativo entre os membros da equipe.

Face à diferença já mencionada entre o ciclo de vida do projeto do edifício e o ciclo de vida do projeto/experiência PBL, sendo o primeiro com maior duração, a Fase A do projeto do edifício tem início antes da seleção de equipe e, portanto, da participação dos alunos do projeto PBL.

Esta fase tem início com a seleção do projeto a ser desenvolvido, contando com a participação dos professores, arquitetos do CEPLAN e usuários do edifício. É nesta fase que a equipe é dimensionada e qualificada e se inicia a divulgação para seleção dos estudantes. Em paralelo, as atividades de concepção do edifício são desenvolvidas no CEPLAN, já com a participação técnica dos professores, de forma a permitir um ponto de partida melhor definido quando do ingresso dos estudantes. Ainda nesta fase inicia-se a participação dos alunos de pós-graduação.

A seguir, como marco inicial do projeto PBL, se dá a primeira reunião com a participação dos alunos dos diversos cursos, envolvendo arquitetos e engenheiros responsáveis pelo projeto, a equipe responsável pela fiscalização da obra, a equipe de manutenção, os financiadores e os usuários do edifício, na qual são apresentados os requisitos funcionais, técnicos e estéticos do edifício a ser projetado.

Após a reunião inicial, os alunos passam ao desenvolvimento do projeto de suas “disciplinas” em um ambiente de contato permanente com os responsáveis pelos projetos das outras disciplinas. Este contato, estimulado pelos professores, deve conduzir a uma postura permanente de integração entre as diferentes soluções propostas gerando a necessidade do exercício da argumentação, questionamento e convencimento, em um contexto multidisciplinar. É neste ambiente que a capacidade de argumentação técnica/científica e o respeito a outras lógicas profissionais devem ser desenvolvidos.

Como forma de garantir o exercício da abordagem transdisciplinar no projeto de edifícios, e a permanente postura de integração acima descrita, a Célula de Projetos utiliza o compartilhamento de espaço físico, sem barreira visual ou auditivas, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4: Configuração do Laboratório de Projetos.

A ocupação das estações de trabalho mostrada na Figura 4 representa um determinado momento do projeto e relaciona-se com a intensidade da troca de informações entre as especialidades. À direita nota-se a área de integração, espaço utilizado para as reuniões diárias de planejamento e avaliação e para eventuais reuniões decorrentes de ocorrências de projeto. Embora não detalhada na figura, a parede a direita é coberta por um

quadro branco utilizado para acompanhamento do projeto em abordagem semelhante aos quadros kamban da metodologia Scrum (Shuterland, 2014). Tal espaço de integração conta, ainda, com projetor multimídia e tela de projeção.

O trabalho diário tem início e término com reuniões rápidas, sendo a da manhã para definição das metas do dia e a final para avaliação do trabalho. Nestas reuniões a presença dos professores é estimulada.

Ao término da semana a reunião do final da tarde é ampliada, com uma avaliação do desempenho da semana e proposta de melhorias para a semana seguinte. Nesta reunião, conta-se com a presença de profissionais externos.

Por fim, ao término de cada etapa é realizada uma entrega formal do produto, e uma avaliação das lições aprendidas naquela etapa. Procura-se nestas reuniões ter a presença dos representantes dos usuários do edifício e da administração superior.

A dinâmica de reuniões proposta, aliada ao conhecimento de que o projeto em desenvolvimento é de um edifício real, que será construído e utilizado – e não um trabalho acadêmico hipotético – é utilizado no desenvolvimento da responsabilidade e da ética profissional, assim como na capacidade de visualizar soluções factíveis dos pontos de vista técnicos e econômicos. As reuniões diárias fortalecem, ainda, a visão transdisciplinar do processo de projeto e possibilita uma integração continuada das soluções de projeto.

O trabalho de projeto é complementado por visitas periódicas a obras e edifícios prontos (Figura 5), nas quais são discutidos os aspectos de produção, operação e manutenção predial (Figura 6), em um processo de realimentação das soluções técnicas adotadas.



Figura 5: visita da equipe a obra em execução.



Figura 6: Preleção *in loco*.

## 2.5 Definição dos procedimentos de avaliação

A experiência aqui relatada não foi cadastrada junto ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental como uma atividade curricular, por questões internas ao departamento, sendo considerada uma atividade de extensão universitária, nos moldes de um estágio. De tal forma, os alunos que dela participavam não recebiam créditos, mas sua atuação era avaliada e considerada nas notas da disciplina curricular associada à sua atuação no laboratório, a critério do professor.

A avaliação dos alunos se dava em três níveis: um parecer do professor responsável, uma avaliação pelo aluno de pós-graduação ou engenheiro de sua equipe, e uma autoavaliação. Em edições posteriores foi introduzida uma avaliação pelos seus pares.

Todo o processo de avaliação ocorria após a reunião de encerramento do projeto PBL, ou seja, ao final do período letivo. Compunham a pauta da reunião: um diagnóstico do desenvolvimento do projeto (apresentado pelo coordenador do laboratório); apresentações individuais dos alunos de graduação sobre sua participação; uma roda de discussões – estimuladas pelos professores e/ou alunos de pós-graduação – sobre as lições aprendidas ao longo do processo e sobre as atuações dos membros da equipe (incluindo professores) no tocante às suas competências transversais.



Como as reuniões se alongavam por períodos de até quatro horas, e tratavam de avaliação (um tema sempre tenso) tornava-se importante propiciar um ambiente com momentos de descontração, em geral associados a comemoração do(s) aniversariante(s) do mês (Figuras 7 e 8).



Figura 7: Momento de descontração.



Figura 8: Satisfação dos alunos ao final do processo.

Ao término de sua participação, cada aluno recebia um certificado de estágio profissional e aqueles com melhor desempenho eram convidados a permanecer no laboratório na condição de estagiários remunerados.

Tal permanência, que podia chegar a dezoito meses, permitia ao aluno participar da conclusão do projeto e, em algumas situações, da etapa de construção do edifício. Permitia-se de tal forma, levar o aluno a acompanhar a execução das soluções técnicas por ele desenvolvidas na etapa de projeto.

Aos alunos de pós-graduação não eram atribuídas notas. Neste caso era fornecido uma declaração de acervo técnico para registro junto ao CREA, assim como as declarações de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) sobre o projeto. A critério de seu orientador, a participação do aluno poderia ser considerada como "estágio docência" dando-lhe direito a créditos de pós-graduação.

### 3 Considerações Finais

Se o modelo aqui apresentado era tão interessante e efetivo, por que não continuou? Apesar do Laboratório de Projetos ter abrigado mais de cinquenta alunos de graduação e dez alunos de pós-graduação, ter envolvido mais de quinze professores de quatro cursos diferentes, e desenvolvido mais de trinta projetos (nem todos associados ao PBL), algumas particularidades do processo não contribuíram para sua continuação em um ambiente universitário em mutação.

A primeira delas é a utilização de "edifícios reais" em sua formulação. Associada a "projetos reais", temos:

- A redução de investimentos na ampliação física das universidades brasileiras leva a uma correspondente redução na oferta de projetos a serem desenvolvidos;
- A exigência de Anotação de Responsabilidade Técnica sobre os projetos exclui a participação de professores que não estejam credenciados no Conselho de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) e reduz o número de professores disponíveis para atuarem como tutores;
- A diferença de ciclos de vida entre o projeto profissional e o projeto acadêmico, introduz dificuldades na oferta de projetos reais no momento academicamente adequado.

Em segundo lugar vem a mudança no perfil do corpo docente e dos critérios de avaliação e progressão na carreira. Vejamos:

- A avaliação do desempenho do docente, e da progressão na carreira, foca principalmente na pesquisa científica e, em especial, na publicação de artigos em revistas científicas. A experiência aqui descrita foca na prática profissional;
- Em uma relação simbiótica com a afirmação anterior, a exigência do título de doutor para ingresso na carreira docente traz para os cursos de engenharia profissionais com alta qualificação científica, porém

pouca ou nenhuma experiência profissional em projetos. Tal falta de experiência gera insegurança na hora de assumir a responsabilidade por projetos que serão realmente executados;

- Aliado às duas questões anteriores têm-se uma baixa taxa de registro de docentes junto ao CREA;
- Dos docentes inicialmente ligados ao projeto, apenas dois continuam na ativa. Os demais aposentaram, e seus substitutos apresentam um novo perfil profissional mais voltado à pesquisa do que ao projeto.

Em terceiro lugar, o custo do modelo: A manutenção de uma unidade de produção de projetos que precisa responder aos parâmetros do mercado e aos critérios acadêmicos de aprendizagem, tem custos. Inicialmente estes custos foram mantidos pela própria universidade, que contratava o Laboratório para executar seus projetos. Tal contratação além de financiar uma atividade de aprendizagem, se dava por um valor inferior àquele praticado pelas empresas externas de projeto. No entanto, alterações nas regras de alocação de recursos de investimento impediu esta via de financiamento. A alternativa passou a ser a oferta de serviços de projeto aos órgãos da administração pública federal. O sucesso desta iniciativa levou a um perfil de laboratório que se mostrou incompatível com a manutenção do modelo PBL.

No momento está em construção, em um processo que será objeto de outro artigo, a construção de um modelo 100% acadêmico de aprendizagem de projeto de edifícios via PBL. As principais diferenças são a remoção da exigência de “projetos reais” e a inclusão do modelo na grade curricular do curso de engenharia civil da UnB.

Busca-se neste novo modelo, integrar as disciplinas do curso de graduação em engenharia civil voltadas ao projeto de edifícios, através da oferta de um projeto de edifício único – construído nas disciplinas – e gerenciado por uma disciplina denominada Organização do Processo de Projeto de Edifícios.

A construção deste modelo está em desenvolvimento, sendo executada pelos alunos da disciplina Gestão de Projetos e Equipes Multidisciplinares, do curso de engenharia Civil.

## 4 Referências

- AGESC. (2018, 05 12). *Projetos e Serviços de Coordenação De Projetos*. Retrieved from Manuais de Escopo: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manuais/2012/11/14/Projetos-e-Servicos-de-Coordenacao-de-Projetos>
- Aquere, A. L. (2010, Julho). *Célula de Projectos: a organização celular do processo de projecto de edifícios. Tese de Doutorado*. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho. Retrieved from [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/12231/3/Tese\\_Andr%C3%A9%20Luiz%20Aquere%20de%20Cerceira%20e%20Souza\\_2010%20.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/12231/3/Tese_Andr%C3%A9%20Luiz%20Aquere%20de%20Cerceira%20e%20Souza_2010%20.pdf)
- Aquere, A. L., Dinis-Carvalho, J., & Lima, R. M. (2009). Projects Laboratory: The Project of Buildings as Inducer of Transdisciplinary Learning. *PAEE 2009*, (pp. 75-84). Guimarães.
- Aquere, A. L., Dinis-Carvalho, J., & Lima, R. M. (2013, May). Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management (ASCE)*, pp. 538-546.
- Cai, Y. (2013). Graduate employability: a conceptual framework for understanding employer's perceptions. *Higher Education*, pp. 457-469.
- CNE/CES. (2001, 02 25). Resolução CNE/CES 1.362/2001. *Diário Oficial da União*. Brasília, Brasil.
- Fink, J. K. (1999). Integration of engineering practice into curriculum – 25 years of experience with problem based learning. *29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 7-12). San Juan: IEEE.
- Guerra, A., Ulseth, R., & Kolmos, A. (2017). *PBL in Engineering Education*. Rotterdam: SensePublisher. Retrieved from [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-905-8\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-905-8_5)
- Planalto. (2018, 05 12). *Lei N 5.194/1966*. Retrieved from Presidência da República: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5194.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm)
- Prince, M., & Felder, R. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons and Research Bases. *J. Engr. Education.*, 95(2), pp. 123-138.
- Shuterland, J. (2014). *Scrum - a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*. São Paulo: Leya.



# The initial model of the application of PBL in Industrial Engineering

Moacyr A. D. Figueiredo <sup>1</sup>, Anibal A. V. Ignacio <sup>2</sup>, Marcelle de Sá Guimarães <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Production Engineering, School of Engineering of Petrópolis, Fluminense Federal University, Rio de Janeiro, Brazil

Email: moacyrfigueiredo@id.uff.br, anibalvilcapoma@gmail.com, marcelledes@gmail.com

## Abstract

This article aims to present the initial model of the application of PBL in Industrial Engineering in a industrial engineering graduation program. Initially the main models were identified in the body of knowledge on the subject. Then, as part of a case study, the concept of the program was set, a reference model was selected, the pedagogical project of the program was designed and the model for application of the PBL approach was set in all the content group of courses that make up the backbone and conductive line in the industrial engineering graduation program. Finally, we present the general concept of the program, its curricular organization and how the PBL approach is being implemented.

**Keywords:** Active Learning, Higher Education, Industrial Engineering Education.

## 1 Introduction

The 21st century is characterized by profound changes in the cultural, social and technological fields, and to meet these challenges, organizations are seeking engineers with skills and abilities not normally developed by traditional models of education. In this context, active learning methodologies can help overcome these challenges by encouraging students to develop interdisciplinary technical skills and communication and management skills (Christie & de Graaff, 2017; Lima, Andersson & Saalman, 2017). In Engineering teaching, only learning through problems presented in classrooms, with previously known solutions, is no longer sufficient, because the current problems of organizations require engineers with the ability to transfer or apply knowledge to new situations, through communication and team work (Puente, Jongeneelen & Perrenet, 2011).

In 2013, considering the scenario that was shaping up in the city of Petrópolis over the past two decades, pointing to the development of a new economy based on knowledge and innovation, the Municipal Mayor of Petrópolis - PMP initiated a dialogue with the Federal Fluminense University - UFF on the possibility of installing a campus of UFF in the city of Petrópolis, offering undergraduate and graduate programs in the areas of technology and similar, which could support this new regional calling. To do so, it would be providing, among others, the physical infrastructure necessary to implement the campus.

In order to meet the demand of the PMP, the management of UFF set up a working group with the task of analyzing and elaborating a proposal to implement a program of production engineering in the city of Petrópolis, in the state of Rio de Janeiro. A working group was established with representatives of the Pro-rectory of Graduation, Internalization Consultants and teachers of industrial engineering programs of the academic units of UFF. The working group defined the profile of the program to be deployed and appointed a group of industrial engineering professors who have prepared the Pedagogical Program Project (PPP).

The program of industrial engineering from UFF in Petrópolis began in November 2015, with total workload of 3660 hours, distributed proportionally in ten semesters full-time. The program offers fifty vacancies per semesters and there are currently courses available from 1st to 5rd term.

The curriculum uses the Project Based Learning's (PBL) methodological design of and was structured to favor the project activity. The program emphasizes the student's learning process more than the teacher's "teaching". This gives the student a greater responsibility in his education, because he will have to abandon the simplistic tendency to reproduce only the knowledge passed by the teacher.

This article aims to present the Initial Model Application of the Project Based Learning Approach in Production Engineering, here in after called IMAPBL, within the set of the courses content group that compose the backbone and the conductive line of the academic education in the Production Engineering program from UFF in Petrópolis.

## 2 Methodology

This study is part of a larger study, named here greater research, whose central question is: *How to apply the Project Based Learning (PBL) approach in a industrial engineering graduation program?* (Figueiredo, Guimarães & Ignacio, 2016)

The goal of the study is to describe how the IMAPBL is being applied in the courses of the Content and Synthesis content group, that composes the backbone and conductive line of the Industrial Engineering learning of the first undergraduate program of the Engineering School in Petrópolis, of Fluminense Federal University. The Synthesis and Integration group is mainly responsible for the learning content related to the design, execution, control, improvement and innovation of production systems, and encompasses aspects of synthesis, integration and entrepreneurship.

The definition of the IMAPBL was performed using the steps described below.

1st. Step - Definition of the analysis unit - The unit of analysis where the IMAPBL is being implemented is the industrial engineering graduation program of UFF's Engineering School in Petrópolis. The problem situation is the application of the PBL approach in the program and the main contributions to knowledge are: the definition of the application model of the PBL approach and the development of a set of general and specific procedures for planning, execution, control, evaluation and integration of the PBL approach to the implementation and improvement of IMAPBL.

2nd. Step - Bibliographic research - At this stage, a literature review on application of the Project Based Learning approach in engineering education was performed in order to identify the main existing models that served as reference for the definition of the IMAPBL. Abroad, some universities have excelled in using the PBL approach: University of Illinois at Urbana-Champaign, University of Nottingham, Aalborg University and University of Minho, and the Aalborg University is the only one that uses a fully project-oriented curricula (da Silva et al., 2017). In Brazil, the School of Engineering of Lorra University of USP and the Faculty of Technology of UnB stand out for the application of the PBL approach in its programs of Industrial Engineering.

3rd. Step - Concept Generation of the industrial engineering program - At this stage, the working group appointed to analyze and prepare the proposal for the implementation of the industrial engineering program in the city of Petrópolis, held a series of meetings to define the concept of the program to be implemented.

4th. Step - Field Research - The literature review helped to identify examples of application of the PBL in production engineering programs in Brazil and abroad. Among the identified main models, it highlights the model used by the program of industrial engineering at Technology College of UnB, who was selected as the main reference for the development and application of IMAPBL. After contacts made with the coordination of the program, there were two visits to the UnB's Technology College. During these visits, the coordination of the UnB industrial engineering program presented the program's PPP and the past experiences of the teaching staff and students during its implementation. The information collected at UnB strongly influenced the development of the PPP of Petrópolis program, regarding the implementation of the Project Based Learning Approach.

5th. Step - Preparation of the Pedagogical Program Project - At this stage, the working group, with the support of the UFF's teachers interested in acting in the program of industrial engineering that was being created, developed the Pedagogical Program Project. The PPP was based on the Institutional Pedagogical Project of the UFF and PPPs of the production engineering programs of the following academic units of UFF: School of Engineering, School of Metallurgical Industrial Engineering of Volta Redonda and the Institute of Science and Technology in Rio das Ostras. The PPPs of the industrial engineering programs from other Brazilian and foreign Higher Education Institutions were also consulted, such as: University of Brasília; Federal University of Rio

Grande do Sul - UFRG; School of Engineering of São Carlos; Federal University of Itajubá - UNIFEI; e University of Minho (Mesquita, Lima, Flores & Marinho-Araujo, 2015). In the preparation of the program's PPP, the main reference used for the application of the PBL approach was the PPP from the Production Engineering program of the UnB's Technology College.

6th. Step - Setting the Initial Model for the Project Based Learning approach application in projects in the courses of the Synthesis and Integration Group - The IMAPBL was set from the reflection on the main models identified in the literature and the information obtained by field research. The model used by the production engineering program at UnB's Technology College has been modified and adapted to the specifics of the program that is being implemented at UFF in Petrópolis.

### **3 Design and implementation of the program and PBL approach**

This section presents the main results of the study performed. First, the program concept is presented, then its curriculum organization and finally the IMAPBL.

#### **3.1 Overall Program Concept**

The overall program concept was generated in meetings held by the working group in order to identify desirable attributes for the industrial engineering program and which will be listed below.

##### **DESIRABLE ATTRIBUTES OF INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM**

- Modern and innovative program.
- Keep the student always in touch with the job market, not to mention with science.
- Teach students to think according to the reality of companies.
- Keep the student in touch with the industries in the region.
- The programs related to professional and specific content will be conducted in the evening to facilitate contact of the student with the job market.
- Use the concept of Entrepreneurial University.
- Provide space for the student to remain on campus after school.
- Facilitate the learning of languages (English, Spanish and a third language).
- Exchange with universities abroad.
- Use the classroom and blended learning.
- Use the Problem Based Learning (PBL).
- Use the concept of Social Responsibility.
- Use the concept of Social Entrepreneurship focused on social and environmental problems of the region.
- Integration with high schools in the region.
- Teaching staff trained in the program foundations (mentoring, distance learning, entrepreneurship, PBL etc.)
- Optimized program load.
- Use as a reference the country's best production engineering programs.
- Teaching staff with degrees in Engineering
- Classes of 30 to 50 students.
- Integration with National Laboratory for Scientific Computing (LNCC) in the areas of Mathematics and Computer Science

#### **3.2 Curriculum Organization**

The PPP of the production engineering graduation program from Petrópolis School of Engineering has been prepared based: in projects of existing Industrial Engineering programs from UFF; in projects of Production Engineering programs considered to be excellent from other universities, such as: UnB, USP, UFRG, UNIFEI, Mesquita, Lima, Flores & Marinho-Araujo (2015); observing the Law of Guidelines and Bases of National Education (Lei n. 9.394, 1996), the National Curriculum Guidelines for Engineering Graduation Programs (RESOLUÇÃO CNE/CES 11, 2002) and the Institutional Educational Project of the Federal Fluminense University.

The current knowledge revolution requires a higher level of professionals trained within flexible curriculum, with the ability to formulate, analyze and solve problems, able to adapt to new processes and technologies with great deal of creativity and human sensitivity and strong predisposition for continued education.

Given the current reality of Engineering in Brazil, the program of Industrial Engineering is one of the most popular among the engineering programs. The recently graduated Production Engineer will be able to identify and solve problems related to projects, operations and management of labor and production systems of goods and services. Students will receive a strong background in the technology-based areas, which provides his activities in companies in general, as well as being highly qualified for the service sector, financial institutions, business, design, consulting and research. The concern of the program is to train professionals who can interfere in the process and in society itself, forming not only engineers, but also citizens and responsible entrepreneurs committed to the development of the country. So the curriculum need to be analyzed as a general training project, considering internal and external factors that influence in the construction of the knowledge that the graduate should have.

The program is based on teaching-learning methodology where the student is an active subject in the construction of knowledge, enhancing the development of his skills and abilities.

The curricular organization of the program considers that the main feature of the engineering professional is the engineer capacity, ie, design, engender, devise, invent solutions to the demands of society. In this sense, the proposed curriculum of the program was structured to enable the engineer to deal with engineering problems in a systemic approach.

The curricular program is divided into three core content: Basic, Professionalizing and Specific, and the PBL approach is mainly applied in the content group Synthesis and Specific Content Core Integration.

The Basic Content Core consists of a set of basic and common content to all engineering programs and includes the following study content: Scientific and Technological Methodology, Communication and Expression, Computers, Graphic Expression, Mathematics, Physics, Transport Phenomena, Solid Mechanics, Applied Electricity, Chemistry, Science and Technology of Materials, Management, Economics, Environmental Science, Humanities, and Social Sciences and Citizenship. The study content of Communication and Expression and of Science and Technology Methodology were diluted in the following courses: Introduction to Production Engineering, Production Systems Project Management; Production System Design 1, 2, 3, 4 and 5; and Final Project I and II. The core study contents that provide for the realization of experimental activities are conducted in the programs laboratories of Physics I, Physics II, Chemistry and Computing. The total program load of the courses that make up this core is 1230 hours, corresponding to 33.6% of the total program hours.

The Professionalizing Content Center provides for a coherent subset chosen from among the fifty-three topics listed in the Resolution CNE/CES 11 (2002) and includes the following contents of studies necessary for the academic education of the Production Engineer: Production Management; Product Engineering; Strategy and Organization; Economic Management; Ergonomics and Work Safety; and Environmental Management. The courses that comprise this core are an important basis for the contents of specific training of Industrial Engineering. The core study contents providing for the realization of practical activities are conducted in the thematic laboratories I, II, III, IV and V of the realization of program. The total program load of the courses that make up this core is 603 hours, corresponding to 17.2% of the total program hours.

The Specific Content Core consists of extension and deepening of the core courses of the professional knowledge and other content designed to characterize the industrial engineering mode. They constitute the scientific, technological and instrumental knowledge necessary for the production engineering and ensure the development of skills and abilities desired for the newly graduated professional. This core is divided into two groups of content. A first group adopted the nomenclature of knowledge subareas related to Industrial Engineering, as proposed by the Brazilian Association of Production Engineering - ABEPRO, covering the following topics: Operations Engineering and Production Processes; Logistics; Operational Research; Quality Engineering; Product Engineering; Organizational Engineering; Economic Engineering; Work Engineering; and Sustainability Engineering. A second group that uses the PBL approach and called Synthesis and Integration,

which is quite emphasized in Resolution CNE/CES 11 (2002), and develops itself with courses in all semesters, from the fourth quarter.

The program also aims to use an integrated and systemic approach to sustainability, where the student is encouraged to get multidisciplinary insight into the challenges of how engineering can help to mitigate the current problems and launch projects to increase sustainability in the future. In several mandatory courses of the program they are also offered content that include sustainability and encourage the student to obtain support to develop a critical view of the needs and benefits of working under its view.

### 3.3 The Initial Model Application of the Project Based Learning Approach

According to Brazilian Association of Production Engineering – ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1998): It is incumbent upon the Production Engineering the design, deployment, operation, improvement and maintenance of the integrated production systems of goods and services, involving men, materials, technology, information and energy.

Considering the guidelines of ABEPRO (1998), the IMAPBL is applied in the production system model used for industrial engineering, which transforms a set of resources into goods and services (SLACK, 2013).

The Figure 1 shows the adapted model of production system used by the Production Engineering. In the center of the production system model has been inserted a set of courses proposed by the IMAPBL and that compose the backbone and conductive line of the Production Engineering Graduation Program from UFF in Petrópolis. This set of courses compose the group Synthesis and Integration of the program's PPP and is mainly responsible for the learning content for the design, execution, control, improvement and innovation of the production systems. This group encompasses aspects of synthesis, integration and entrepreneurship and consists of the following contents: Production System Design and Program Conclusion Project and Supervised Internship Project.

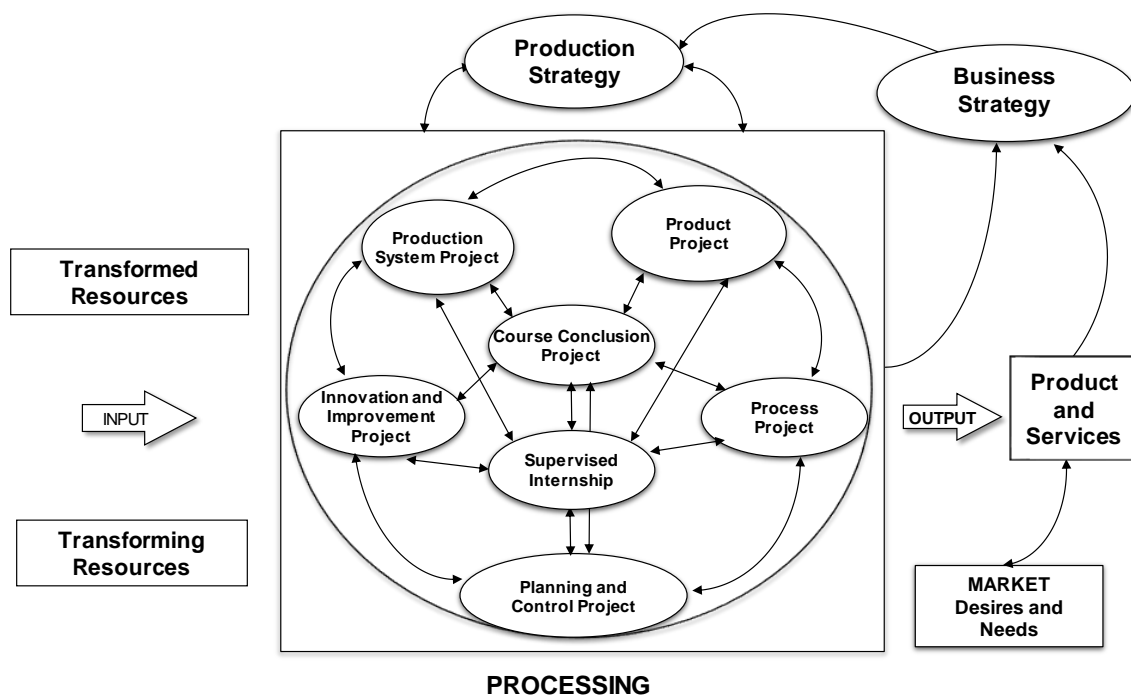


Figure 1: The production system model with the set of courses that composes the IMAPBL (adapted from Slack, 2013)

The Production System Project content aims to enable the student to develop the following skills and abilities:

- develop group projects with integrated solution involving different aspects of production engineering, related to the development and management of production systems and sustainable and cleaner operations;

- use communication and expression techniques to give the correct form of expression and writing in Portuguese, using the usual and current engineering terminology;
- apply the methods, techniques and procedures of scientific methodology in production engineering.

The compulsory courses of the Production System Project content are: Production System Project 1, Production System Project 2, Production System Project 3, Production System Project 4 and Production System Project 5.

The Final and Supervised Internship Project content aims to enable the student to develop the following skills and abilities:

- associate abstract concepts to the practice of engineering, to enable it to build, present and defend a project in one of the areas of production engineering, related to the development and management of production systems and sustainable and cleaner operations;
- use communication and expression techniques to give the correct form of expression and writing in Portuguese, using the usual and current engineering terminology;
- apply the methods, techniques and procedures of scientific methodology in production engineering.

The compulsory courses of the Final and Supervised Internship Project content are: Final Project 1, Final Project 2, Supervised Internship 1 and Supervised Internship 2.

The study content Synthesis and Integration group are taught in the thematic laboratories I, II, III, IV and V of the Department of Production Engineering.

The Figure 2 shows the structure defined by the IMAPBL to the courses of the content group Synthesis and Integration.

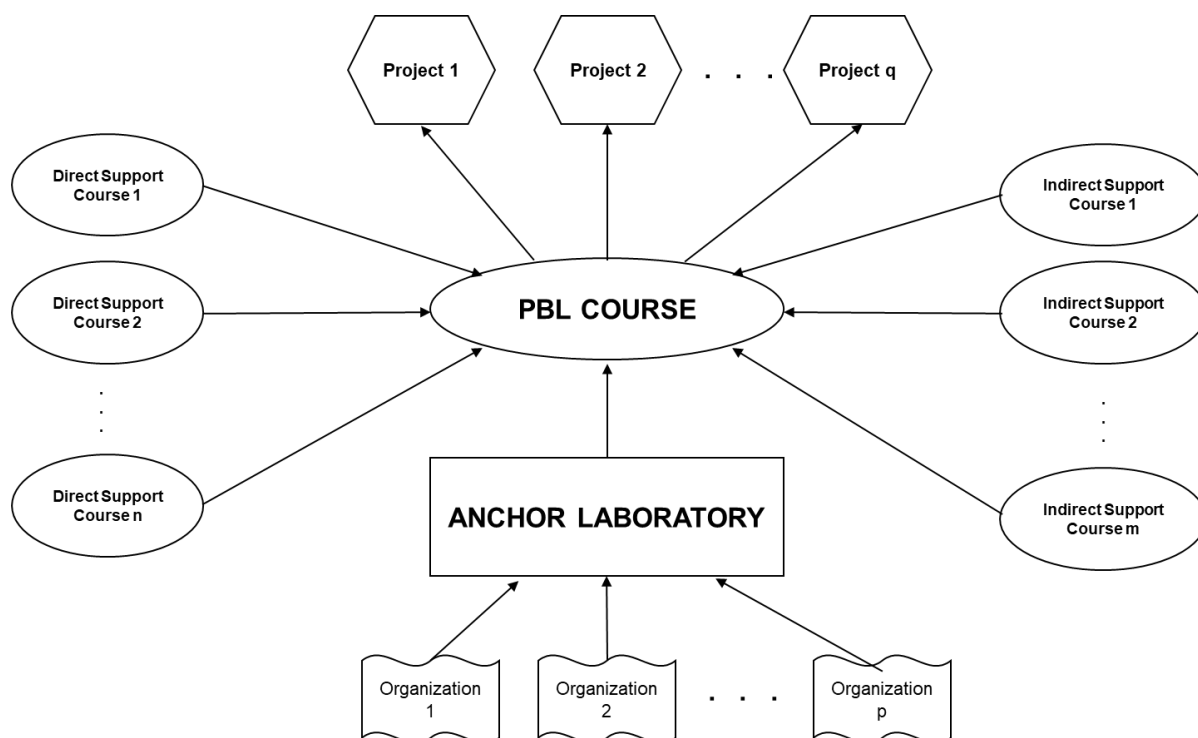


Figure 2: Structure of the content group courses Synthesis and Integration of IMAPBL

The framework for the operation of each course of the Synthesis and Integration content group in IMAPBL consists of the following elements:

- PBL Course - Content group course Synthesis and Integration, responsible for developing with students a central theme of training the production engineer, using the PBL approach;
- Anchor Laboratory - themed laboratory of the Department of Industrial Engineering that provides support to the PBL course on the central theme of the formation of the production engineer;



- Direct Support Course - set of courses that provide direct support content to the central theme addressed by the PBL courses;
- Indirect Support Course - set of courses that provide indirect support content to the central theme addressed by the PBL course;
- Partner organizations - set of organizations linked to the Anchor Laboratory that provide problems related to the central theme of the PBL course to be solved by the students; and
- Projects - group of projects developed by the PBL student groups in order to solve the problems presented by partner organizations

The structure works as follows: in the period in which the PBL course is taught, the teaching staff linked to the Anchor Laboratory identifies and organizes problems presented by partner organizations that are related to the central theme of PBL course. In the first classes of the PBL course the issues are integrated, prioritized and transformed into projects that are planned and carried out by groups of up to five students from the PBL course. During the period in which the PBL course is taught, students groups seek solutions to the problems presented, using the content learned in the courses of direct and indirect support, and with the support of the Anchor Laboratory teaching staff.

Figure 3 shows, as an example, the operating structure of the IMAPBL for the Production System Design 1 course.

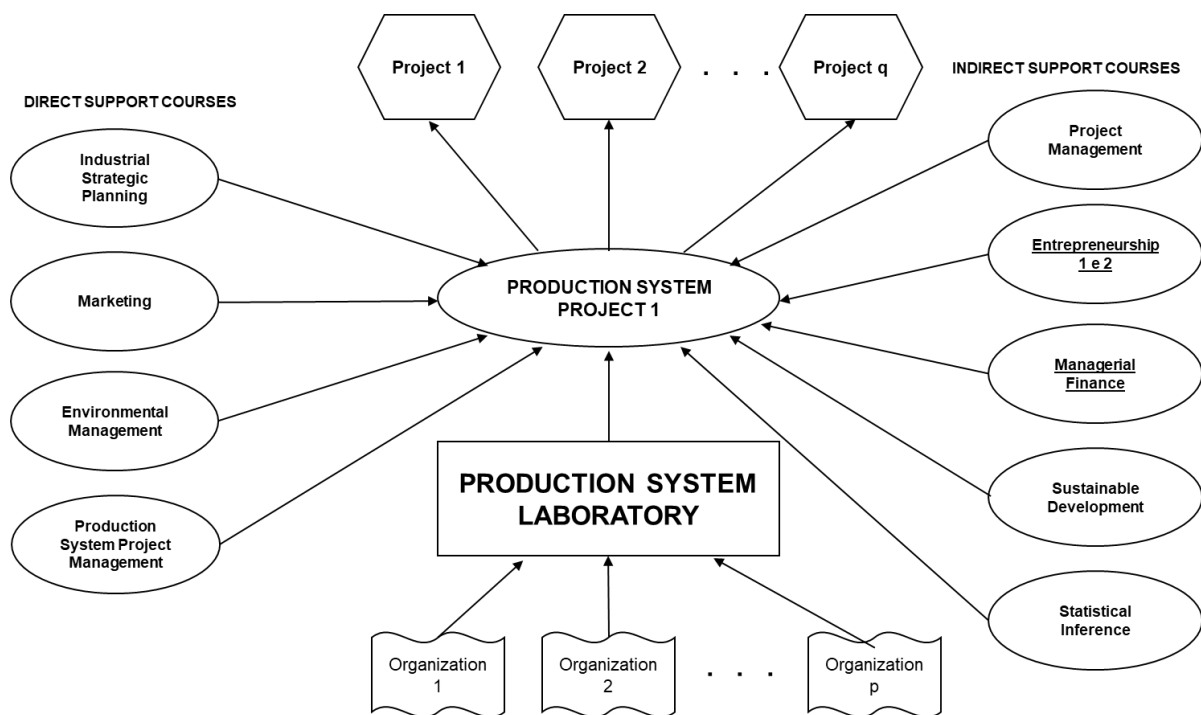


Figure 3: Example of the IMAPBL operating structure in the Production System Project 1 course

## 4 Conclusion

This paper presented the initial model of project-based learning that is being implemented in the industrial engineering program from UFF in Petrópolis. The model was developed from information obtained from the literature on the subject and lessons learned in the field research. The PBL model used as a reference was the from the production engineering program of UnB Technology College, that has been modified and adapted to the specifics of the UFF's program.

The model is mainly applied in the courses of the content group Synthesis and Integration. The model consists of a PBL course, direct support courses, indirect support courses, an anchor laboratory and laboratory's partner organizations.



The PBL is being used to help solve the problems presented by anchor laboratory's partner organizations. Based on the problems identified in the organizations, students develop and implement projects during the period in which the PBL program is taught.

The groups of students were able to present solutions to the problems proposed by the partner companies. The proposed improvement opportunities are being implemented and companies were satisfied with the work done.

The partnership in achieving the PBL is being continued with the completion of several projects with partner companies.

To solve the problems presented by the companies, the students had to study about the operation of the production systems of the companies, mapping of processes, quality tools and operational research.

To facilitate the work of students, most of the partner companies hired students as trainees, who act mainly as facilitators of the projects in progress.

The students also had the opportunity to interact weekly with the management, the team of engineers and other collaborators of the partner companies. This weekly interaction stimulated students to internalize various aspects of the organizational culture of the partner companies, especially their excellence practices related to sustainability, quality, safety at work and ergonomics.

## 5 Bibliographic References.

- Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO). (1998). Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares. Retrieved in 12 October 2016, from <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr19981.pdf>
- Christie, M., & de Graaff, E. (2017). The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 5-16. doi:10.1080/03043797.2016.1254160
- da Silva, J. M., Monteiro, S., Souza, J., & Reis, C. B. (2017). Projetos de Sistemas Sustentáveis de Produção no Curso de Graduação de Engenharia de Produção da UnB. In: A. Guerra, F. Rodriguez-Meza, F. Andrés González and M. Catalina Ramirez, ed., *Aprendizaje basado em problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano*, 1st ed. [online] Aalborg: Aalborg Universitetsforlag, pp.121-138. Available at: [http://vbn.aau.dk/files/262849868/Latin\\_Case\\_online.pdf](http://vbn.aau.dk/files/262849868/Latin_Case_online.pdf) [Accessed 6 Oct. 2017].
- Figueiredo, M. A. D., Guimarães, M. S de, & Ignacio, A. A. V. (2016). Aplicação da Abordagem Project based Learning no ensino de Engenharia de Produção (Projeto de Pesquisa). Petrópolis, RJ, Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de Petrópolis, Universidade Federal Fluminense.
- Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (1996). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- Lima, R. M., Andersson, P. H., & Saalman, E. (2017). Active Learning in Engineering Education: a (re)introduction. *European Journal of Engineering Education*, 42(1), 1-4. doi:10.1080/03043797.2016.1254161
- Mesquita, D., Lima, R. M., Flores, M. A., Marinho-Araújo, C., & Rabelo, M. (2015). Industrial Engineering and Management Curriculum Profile: Developing a Framework of Competences. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(3), 121-131. [http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/ijiem\\_journal.php](http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/ijiem_journal.php)
- Puente, M. G., Jongeneelen, C. J. M., & Perrenet J. C. (2011). A Aprendizagem Baseada na Concepção de um Projeto no Ensino de Engenharia Mecânica. In: L. C. Campos, E. A. T. Dirani and A. L. Manrique (Orgs.) *Educação em Engenharia: Novas Abordagens*. São Paulo: Educ.
- RESOLUÇÃO CNE/CES 11 (2002, March). Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Retrieved from: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). *Operations Management* (7nd ed.). United Kingdom: Pearson Education Limited.