O uso do ensino baseado em problemas para a disciplina de Física (Eletromagnetismo e Ondas) num Curso de Engenharia

Rodrigo Cutri*, Demétrio Elie Baracat*, Francisco Mauro Witkowski* , Arnaldo Megrich*

* Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
Praça Mauá, 1 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil – ZIP 09580-900

Email: rodrigo.cutri@maua.br, demetrio.baracat@maua.br, francisco.witkowski@maua.br, amegrich@maua.br

Abstract

Students in basic sciences in engineering education needs to be continually encourage to improve theirs learning process. Many books and sites brings examples of Problem/Project Based Learning activities for Physics, especially in Mechanical subject, but there are not so many references for Electromagnetism and Waves subjects for engineering course. This work proposes an Problem/Project approach for Electromagnetism and Waves using applied problems and computational tools.

Keywords: PBL, Electromagnetism and Waves, Engineering Education

1 Introdução

Desde 2007, a Escola de Engenharia Mauá, visando promover mudanças na forma de aprendizagem de seus alunos, implantou um Projeto Institucional, denominado Projeto Evolução. Este projeto foi fundamentado nos conceitos da aprendizagem baseada em projetos e propunha em linhas gerais que fossem realizadas atividades em grupos pelos alunos de modo a:

- promover maior integração entre as disciplinas;
- desenvolver habilidades de análise e visão sistêmica;
- promover habilidades de comunicação e expressão, bem como de interpretação de problemas contextualizados;
- promover a aprendizagem ativa dos alunos por meio de projetos.

Desde então o referido projeto foi aplicado na disciplina Cálculo II (Cálculo Diferencial e Integral Multivariável) com bastante sucesso conforme já relatado em (Baracat, D.E. et all, 2008),(Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R., 2012), (Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R., 2012), (Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R., 2012). Em 2013, com base na experiência adquirida, a disciplina Física II, que aborda conceitos de Eletromagnetismo e Ondas para os Cursos de Engenharia, começou a aplicação, junto aos alunos, de uma proposta de trabalho que permitisse abordar os conceitos e conteúdos da física, geralmente abordados na forma teórica, em aplicações reais da engenharia.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia utilizada no desenvolvimento da proposta de trabalho que vem sendo aplicada, em sua primeira edição, aos alunos de todos os cursos de Engenharia da Escola de Engenharia Mauá (Alimentos, Civil, Computação, Controle e Automação, Elétrica, Eletrônica, Mecânica, Produção e Química).

1.1 Motivação

Os alunos dos cursos de Engenharia têm apresentado dificuldades na assimilação de conceitos explorados na disciplina Física II. Essas dificuldades iniciam-se com a falta de abstração, principalmente quando do estudo de conceitos de Eletromagnetismo (Loder, 2003),(Siqueira, 2006),(Bezerra, 2008).

Muitas metodologias e casos são apresentados na literatura para a Física introdutória nos Cursos de Engenharia, em especial em aplicação da Mecânica Clássica (Duch, 1996), (Irving, 1996) (Kampen, 2004) (Raine; Symons, 2005), (Willi, 2008), (Sahin; Yorek; 2009),(Meltzer; Fulton; Thornton,2012), mas pouco se encontra quando se procura aplicações de novas metodologias de ensino, em especial a metodologia de aprendizagem ativa, para os conceitos de Eletromagnetismo e Ondas (Dori; Belcher, 2005) (Goodhew, 2010).

1.2 Objetivos

Os objetivos que se pretendem alcançar com o desenvolvimento do projeto em Física II são:

- apresentar uma proposta de trabalho aliada à aprendizagem ativa buscando uma melhor compreensão dos conceitos de Eletromagnestimo e Ondas por parte dos alunos bem como sua interpretação na aplicação em situações práticas;
- desenvolver habilidades e competências necessárias a vida profissional do Engenheiro atual (ENGINEERING EDUCATION, 1995), (ENGINEERING GRADUATION AND RESEARCH, 1985), (LEARNING AND UNDERSTANDING, 2002), (The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the Next Century, 2004), (Cardoso,2012), tais como: o entendimento de diferentes culturas, habilidades em lingua estrangeira, habilidades de expressão escrita e oral, gestão do tempo e equipes dentre outras.

2 Concepção

Considerando-se que a disciplina, pertencente ao ciclo básico dos cursos de engenharia, possui alunos das mais diversas habilitações, as atividades propostas devem abordar, de modo aplicado, conteúdos de Física, nas mais diversas áreas da engenharia, mostrando deste modo que o conceito aprendido não se restringe a apenas uma determinada área, mas que apresenta aplicações em áreas diversas, como por exemplo: o conceito de ondas e vibrações está presente em áreas como mecânica (vibração de máquinas e ferramentas), civil (vibração de estruturas), elétrica (ondas harmônicas) e química (vibração de moléculas). Assim, o aluno, em grupo, deve desenvolver um projeto que envolva resolução de problemas, tomadas de decisão, atividades de investigação e trabalho em equipe (Wood, 2000), (De Graaff,E.; Kolmos, 2003); (University of Nottingham, 2003), (Prince,2004), (Du.; De Graaff; Kolmos, 2008), (Case,2008), (Seng, 2011) (Monteiro,S. et all,2012), (Morell,2012).

Para desenvolver o trabalho foram adotadas as seguintes estratégias:

- trabalho em grupo;
- aplicação de problemas reais com grau de dificuldade crescente;
- aplicação de problemas que fizessem uso de conhecimentos prévios (já adquiridos em aulas) e de novos conhecimentos (que ainda seriam tratados posteriormente);
- uso de roteiros sequenciais com história de fundo;
- integração com outras ciências básicas;
- postura do professor como facilitador e moderador das atividades;

3 O Projeto desenvolvido em Física II

3.1 Definição

A atividade a ser desenvolvida na disciplina Física II da Escola de Engenharia Mauá, aplicada a um universo de mil alunos em regime anual (aproximadamente 65% matriculados nos cursos matutinos e 35% nos cursos noturnos) tem como premissas: aliar o método científico (Zou, 2007), (Al-Atabi,2009) e o bom senso (MIT OpenCourseWare,2008), promovendo o uso contínuo e intensivo, por parte do alunado, de recursos de editores de apresentação, trabalho em grupo, planilhas eletrônicas, softwares gráficos e de simulação, sendo estes de livre escolha por parte dos grupos de alunos (Dori; Belcher; 2005), (Physics Education Technology, 2011), (Bezerra et all, 2012), (Wenning, 2012).

Para o desenvolvimento da atividade foi necessário que se elaborasse uma estória de fundo que funcionasse como linha mestra para todos os roteiros a serem desenvolvidos e que motivasse os estudantes a buscarem sua continuação: o que vai acontecer depois?. A partir desta estória foram desenvolvidas situações contextualizadas que aplicassem conceitos físicos nos problemas reais de Engenharia.

A inspiração veio do momento atual vivido pelos jovens estudantes brasileiros. Vivemos uma época onde a busca pela internacionalização é cada vez mais presente nas universidades brasileiras. Este processo, incentivado em grande parte pelo programa Ciência sem Fronteiras do Governo Federal Brasileiro, permite que milhares de estudantes desenvolvam ações de intercâmbio e assim vivenciem experiências internacionais. No entanto, grande parte dos estudantes ainda permanece em solo brasileiro e necessita de alguma forma também experimentar este processo. Assim, nasceu a concepção da estória que permeia as situações propostas aos alunos do Curso. Nela, um grupo de

alunos viaja para o exterior para participar de um programa de estágio em uma empresa de Engenharia e receberá uma série de tarefas com diversas situações contextualizadas para aplicação dos conceitos físicos em problemas reais de Engenharia.

Deste modo, os conceitos de eletrostática, campo elétrico, potencial, capacitância, campo magnético, força eletromagnética, lei de Faraday, indução eletromagnética, oscilações e ondas e tópicos relacionados às séries de Fourier foram divididos em sete roteiros, permeados por atividades de pesquisa, tomada de decisão, simulação, modelamento e análise:

1º roteiro: A análise de vídeo dá aos engenheiros uma maneira simples e fácil de entender o processo de movimento. A modelagem por computador permite relacionar os resultados das medições com a teoria que mostra as relações entre os gráficos obtidos utilizando um modelo e uma medição. Por meio da comparação visual direta das imagens de vídeo e sobreposições do modelo podem-se explorar parâmetros de modelos diferentes e equações em contexto real de trabalho, encontrar diferenças e semelhanças entre um objeto idealizado e a realidade. A história tem muitos exemplos de projetos de Engenharia que tiveram êxito ou falha por causa do tipo de análise de Engenharia utilizada para avaliar o projeto. Pretende-se assim discutir o método científico e permitir aos estudantes modelar e analisar o movimento de objetos a partir de um vídeo contendo uma oscilação harmônica, amortecida ou não, previamente existente disponível na internet ou filmada pelos próprios alunos.

2º roteiro: Em diversos estádios ao redor do mundo, quando de seu projeto, deve-se levar em conta a movimentação de pessoas. Estes movimentos aleatórios podem provocar vibrações (oscilações) que afetam as estruturas. O projeto de um estádio, além do aspecto arquitetônico, deve oferecer segurança e conforto aos seus frequentadores. A partir da análise do movimento oscilatório pretende-se reconhecer que cada componente de Fourier corresponde a uma onda senoidal com um comprimento de onda ou período diferente e acostumar o estudante com várias notações matemáticas, e relacionar a matemática a uma imagem intuitiva de formas de onda. O mesmo se aplica em problemas mecânicos e relacionados à engenharia elétrica.

3º roteiro: O mundo enfrenta diversos desafios e a Engenharia é a forma de encontrar respostas. A análise por meio do uso de calculadoras deve estar aliada ao bom sendo quanto aos resultados obtidos. Estuda-se o campo elétrico e suas aplicações utilizando simulações e modelamento matemático.

4º roteiro: Ao visitar uma fazenda, o gerente técnico do empreendimento disse que poderia determinar se a soja estava seca ou molhada utilizando o conhecimento aprendido sobre capacitores. Se a soja estivesse seca poderia ser armazenada, caso contrário à umidade acabaria por danificar o produto. Por meio de simulações o grupo determina a energia armazenada em um capacitor ou um conjunto de capacitores em um circuito e explora o efeito de espaço e materiais dielétricos inseridos entre os condutores.

5º roteiro: O grupo foi convidado a conhecer um projeto especial, o projeto de um TAV – Trem de Alta Velocidade (Maglev). Ao entrarem na sala de desenvolvimento de projetos especiais, foram recepcionados pelo gerente geral do projeto TAV. Após a explanação do projeto, puderam visualizar a maquete virtual 3D do TAV e conhecer detalhes da construção do trem e do módulo de controle. A aplicação e o uso de simuladores permite explorar a aplicação direta dos conceitos do eletromagnetismo.

6º roteiro: A visita que a um Centro de Pesquisa Médica onde engenheiros trabalham lado a lado com biólogos, médicos, esteticistas e outros profissionais buscando o desenvolvimento de equipamentos médicos que melhorem a qualidade de vida de pessoas que enfrentam restrições de movimento faz que com os alunos reflitam sobre o trabalho em grupos multidisciplinares e associem a aplicação de conceitos como a lei de Faraday a diversos setores.

7º roteiro: O uso do celular é um meio para a discussão sobre Ondas Eletromagnéticas e sua interação com o meio.

3.2 Planejamento

Considerando-se que aulas de Física II têm 100 minutos, que a disciplina é anual e que, em média, possui 90 alunos em aulas teóricas, 45 em aulas de exercício e 25 em aulas de laboratório, além da necessidade de balancear a realização de atividades extra e intraclasse com o conteúdo a ser desenvolvido pela disciplina ao longo do ano letivo, optou-se pela realização da atividade nas aulas de laboratório, substituindo-se a prova teórica que era aplicada ao final de cada semestre.

A atividade deve:

- ser desenvolvida pela equipe das aulas de laboratório: composta por até 4 alunos. Sendo permitida a mudanças de equipe no segundo semestre.
- ter regras claras quanto a forma: pode ser toda realizada digitalmente com o auxílio de softwares e computador e deve ser apresentada numa pasta (portifólio) contendo todas as atividades e resoluções pertinentes ao projeto.
- ter regras claras quanto a avaliação: a equipe de alunos deve proceder a uma apresentação em powerpoint, ao final de cada semestre, de no máximo 10 minutos e 10 slides, contendo o resultado e análises das atividades propostas. Após apresentação a equipe será arguida, de forma oral, individualmente ou coletivamente, pelo professor. A definição do tempo de apresentação leva em conta o preparo dos alunos para a apresentação em futuros congressos e eventos. Sendo que a não apresentação não implica em nota ao aluno mesmo que tenha participado da parte escrita.

Uma vez iniciado o ano letivo e que as equipes de laboratório estejam formadas, a cada bimestre são distribuídos 2 roteiros (com exceção do último bimestre em que foi alocado apenas um roteiro).

3.3 Controle e execução

Ao longo do semestre o professor de laboratório deve supervisionar as atividades das equipes estimulando-as quanto ao desenvolvimento e alertando-as quanto aos prazos de apresentação. Os alunos devem realizar as atividades relativas ao projeto de fora do horário normal das aulas e podem sanar dúvidas ou obter mais esclarecimentos junto aos professores de laboratório durante o período regular das aulas.

3.4 Avaliação

Há dois momentos de avaliação do projeto: primeiramente, a avaliação das atividades desenvolvidas pelos alunos e posteriormente a avaliação do processo de aprendizagem proposto pela equipe de professores:

3.4.1 Avaliação das atividades desenvolvidas pelos alunos

A avaliação das atividades desenvolvidas pelos alunos é composta de notas atribuídas pelo professor (40% - em função do trabalho realizado e da avaliação oral, pelo próprio estudante e seu grupo (30%) e pelo portfólio das atividades desenvolvidas (30%).

A nota do trabalho é constituída de três quesitos: a auto-avaliação, a nota do conteúdo e a nota de apresentação oral.

A primeira, denominada de auto-avaliação, representa a interpretação do grupo quanto à participação de cada integrante na realização das atividades planejadas. A participação é monitorada através de uma lista de presença validada inicialmente pelo professor de laboratório como constituição dos grupos e administrada pelos próprios grupos. Esta lista é devolvida pelos alunos juntamente com o trabalho como evidência do critério de atribuição de nota empregado.

A segunda e a terceira notas são de responsabilidade do professor avaliador: o professor deve avaliar o conjunto da obra atentando-se para a aplicação correta dos conceitos físicos e para a arguição dos alunos. A arguição pode, a critério do professor, ser individual ou em coletiva (neste caso, caso a escolha seja a de que a nota da arguição de um integrante será a nota representativa de todos os integrantes da equipe, a escolha do orador deve recair sobre o aluno com nota acima de sete na autoavaliação, conforme as notas de autoavaliação dadas pelo grupo. Caso, todos os alunos atribuam a mesma nota para todos os integrantes, todos se consideraram aptos a representar o grupo e a escolha fica livre pelo professor).

A nota do trabalho é constituída pela média aritmética das três notas anteriores e participa com peso de 50% na nota final de laboratório, com peso de 30% na média final do aluno.

3.4.2 Avaliação do processo de aprendizagem proposto

A avaliação do processo de aprendizagem proposto será feita por meio de questionário próprio aplicado aos alunos ao final do semestre, onde os alunos terão a oportunidade, de forma não identificada, avaliar as atividades propostas quanto à percepção da contribuição da realização do projeto no melhor entendimento dos conceitos físicos, da motivação para a engenharia, da carga horária necessária de dedicação para a realização das atividades, do suporte oferecido ao desenvolvimento do trabalho (infraestrutura e atendimento dos docentes) e sugestões de melhoria. Este questionário será tabulado e analisado conjuntamente com as impressões dos docentes da equipe e das médias obtidas pelos alunos, buscando deste modo o aperfeiçoamento das atividades do projeto.

4 As dificuldades e os resultados esperados durante o desenvolvimento das atividades

Inicialmente a procura por esclarecimentos quanto ao uso do software deve ser grande, pois os alunos apresentam dificuldades na interpretação dos enunciados, e como relacionar o conteúdo teórico e o modelamento matemático as aplicações da engenharia. No entanto, espera-se que a abordagem ativa proposta onde pelo uso de simulações computacionais auxiliem uma melhor interpretação e análise física promovendo a reflexão necessária ao entendimento.

5 Considerações finais

A utilização de novas metodologias de ensino que permitam um melhor entendimento dos conceitos físicos é de vital importância aos futuros Engenheiros. Não basta saber calcular se não se sabe o quê e porquê de se aplicar determinada formulação matemática. O adequado balanceamento do conceito físico e da física-matemática é fundamental para que uma disciplina de Física possa ser aplicada garantindo a compreensão e a profundidade que um Curso de Engenharia demanda.

Agradecimentos

A apresentação deste trabalho foi financiada pelo Instituto Mauá de Tecnologia e pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo nº 2013/00459-3).

Referências

Al-Atabi,M. Introducing research skills through the use of the scientific method in engineering labs. Proceedings of the 2nd International Research Symposium on PBL, 3-4 December 2009, Melbourne, Australia

Baracat, D.E. et all; Uma nova abordagem no ensino de Cálculo Diferencial e Integral II na Engenharia – com proposição de projetos e uso de informática; In: XXXVI Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia - COBENGE, São Paulo. Anais do XXXVI COBENGE 2008. São Paulo, Bourbon Convention Ibirapuera, 2008.

Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R. A proposição de projetos e uso de informática no ensino de cálculo diferencial e integral ii na engenharia. Project Approaches in Engineering Education - PAEE'2012, Sao Paulo, Brasil. July 26, 2012

Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R. Ensino de Cálculo Diferencial e Integral Multivariável baseado em problemas. In: XL Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia - COBENGE, Bélem. Anais do XL COBENGE 2012.

Baracat,D.; Witkowski,F.M.; Cutri,R. Problem Based Learning in Multivariable Differential and Integral Calculus for engineering course. 11th Active Learning In Engineering Workshop. Copenhagen, Denmark. June 20-22 2012

Bezerra Jr, A. G.; et all. Guia Rápido para o Uso do Software Tracker. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. – disponível em http://pessoal.utfpr.edu.br/lenz - acessado em dez.2012

Bezerra Jr, A. G.; Paul Jr, E. Z.; Freitas, M.S.T. Uma Abordagem Construtivista ao Ensino de Eletromagnetismo em Cursos de Engenharia - Resultados Preliminares. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2008

Cardoso, J.R. World Engineering Education Forum (WEEF). Buenos Aires, October 15th to 18th, 2012

Case, J. Education Theories on Learning: an informal guide for engineering education scholar. The Higher Education Academy UK Centre for Materials Education, 2008

De Graaff,E.; Kolmos, A. Characteristics of Problem-Based Learning. Int. J. Engng Ed. Vol. 19, No. 5, pp. 657-662, 2003

Dori, Y. J.; Belcher, J.; Learning Electromagnetism with Visualizations and Active Learning. Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education. Volume 1, 2005, pp 187-216

Duch, B.J. The changing role of physics departments in modern universities: International Conference on Undergraduate Physics Education. College Park, MD: July 31-August 3, 1996. Volume 399, Pages 557-566

Du.X; De Graaff,E.; Kolmos, A. Research on PBL Practice in Engineering Education. Sense Publishers. 2008

Engineering Education; Designing an Adaptive System, Board on Engineering Education, National Research Council, National Academies Press; Washington, USA, 1995.

Engineering Graduate Education and Research; Panel on Engineering Graduate Education and Research, Subcommittee on Engineering Educational Systems, Committee on the Education and Utilization of the Engineer, National Research Council, National Academies Press, Washington, USA, 1985.

Goodhew,P. Teaching Engineering - All you need to know about engineering education but were afraid to ask. The Higher Education Academy UK Centre for Materials Education, September 2010

Irving, P. A Phenomenographic Study of Introductory Physics Students: Approaches to their Learning and Perceptions of their Learning Environment in a Physics Problem-Based Learning Environment. (Thesis), Dublin Institute of Technology. 1996

Kampen,P.; et.all Teaching a single physics module through Problem Based Learning in a lecture-based curriculum. Am. J. Phys. 72 - ed.6, June 2004

Learning and Understanding: Improving Advanced Study of Mathematics and Science in U.S. High Schools, Committee on Programs for Advanced Study of Mathematics and Science in American High Schools, National Research Council, National Academies Press, Washington, USA, 2002.

Loder, L. L. A aprendizagem e o ensino do Eletromagnetismo: dialogando com Piaget e Damásio. XXXI Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia - COBENGE. Rio de Janeiro, 2003

Meltzer, D.E.; Fulton, M.L.; Thornton,R.K.; Resource Letter ALIP–1: Active-Learning Instruction in Physics. American Association of Physics Teachers. June 2012

MIT OpenCourseWare.The Art of Approximation in Science and Engineering. Spring 2008.

Monteiro,S. et all; Metodologias e práticas de ensino aplicadas ao Curso de engenharia de produção: análise da Percepção de alunos de projetos de sistemas de Produção da Universidade de Brasília. In: XL Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia - COBENGE, Bélem. Anais do XL COBENGE 2012.

Morell,L. Innovating the Curriculum with Real Life Projects. PAEE'2012, Sao Paulo, Brasil. July 26, 2012

Physics Education Technology - University of Colorado. 2011 – http://www.colorado.edu/physics/phet/web-pages/index.html - acessado em dez. 2012

Prince,M. does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education. July, 2004.

Raine,D.; Symons,S. PossiBiLities a Practice Guide to Problem-based Learning in Physics and Astronomy. The Higher Education Academy UK Centre for Materials Education 2005

Sahin,M.; Yorek,N. A comparison of problem-based learning and traditional lecture students' expectations and course grades in an introductory physics classroom. Scientific Research and Essay Vol.4 (8), pp. 753-762, August, 2009

Seng,Y.C. PBL in Engineering - A Review of the literature. ISATE 2011 International Symposium on Advances in Technology Education. 27 – 29 September 2011, Singapore

Siqueira, M. R. da P.; de Oliveira, M. P.P.; Uma breve discussão sobre Campo Eletromagnético na formação do professor. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. 2006

The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century, National Academy of Engineering, National Academies Press, Washington, USA, 2004.

University of Nottingham. A Guide to Learning Engineering Through Projects. 2003

Wenning,R. Best Physics Websites. – Site: http://www.phy.ilstu.edu/pte/311content/resources/BestPhysicsWeb.pdf - acessado em dez. 2012

Willi,L. Enhancing the First Year Experience for Engineering Students. The Higher Education Academy UK Centre for Materials Education, 2008

Wood, D.R. Helping your students gain the most from PBL. Plenary presentation 2nd Asia-Pacific Conference on PBL – Singapore. 4 to 7 Dec , 2000.

Zou, X. Using Students' Design Tasks to Develop Scientific Abilities. AAS/AAPT Joint Meeting, American Astronomical Society Meeting 209, #148.18; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 38, p.1092. 2007.