



AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA PBL PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA (ELETROMAGNETISMO E ONDAS) NUM CURSO DE ENGENHARIA

Rodrigo Cutri - rodrigo.cutri@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
Praça Mauá, 1
Cep 09580-900 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil

Demétrio Elie Baracat - demetrio.baracat@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
Praça Mauá, 1
Cep 09580-900 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil

Luiz Roberto Marim – marim@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
Praça Mauá, 1
Cep 09580-900 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil

Francisco Mauro Witkowski - francisco.witkowski@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá
Praça Mauá, 1
Cep 09580-900 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil

***Resumo:** Este artigo apresenta a avaliação do projeto desenvolvido junto aos alunos da disciplina de Física (Eletromagnetismo e Ondas) elaborado sob a ótica da metodologia PBL – Problem Based Learning. Propôs-se uma série de roteiros contextualizados de modo a permitir que os alunos tenha uma melhor compreensão do fenômeno físico, aliado ao pensamento científico para uma adequada modelagem, simulação e análise, sem se prenderem inicialmente unicamente as contas e deduções. Os resultados obtidos foram promissores quanto à implantação da metodologia aplicada em classes com grandes quantidades de alunos e a indução do pensamento crítico.*

***Palavras-chave:** PBL, Eletromagnetismo e Ondas, Educação em Engenharia*

1. INTRODUÇÃO

Desde 2007, em nossa Escola de Engenharia, utiliza-se a metodologia PBL – Problem Based Learning (Ensino Baseado em Problemas) na disciplina Cálculo II (Cálculo Diferencial e Integral Multivariável) (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) e 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 (CUTRI,R. et. all., 2013).



1.1. Características do projeto desenvolvido

O projeto, aplicado à todos os alunos do ciclo básico da disciplina Física II (Eletromagnetismo e Ondas,) desenvolvido visou:

- apresentar uma proposta de trabalho aliada à aprendizagem ativa (DORI; BELCHER, 2005) (DU.; DE GRAAFF; KOLMOS, 2008) (GOODHEW, 2010) buscando uma melhor compreensão dos conceitos de Eletromagnetismo e Ondas por parte dos alunos;
- promover uma melhor interpretação da Física e de sua aplicação em situações práticas (FRASER; ET ALL 2014) promovendo atividades onde os estudantes possam entender como a Física funciona ao invés de apenas fazer contas. Assim, o aluno deve desenvolver modelos físicos-matemáticos e analisá-los por meio de softwares;
- desenvolver habilidades e competências necessárias a vida profissional do Engenheiro atual (CARDOSO,2012), tais como: o entendimento de diferentes culturas, habilidades em língua estrangeira, habilidades de expressão escrita e oral, gestão do tempo e equipes dentre outras.

Características pedagógicas do projeto desenvolvido:

- desenvolvimento do pensar científico e da reflexão frente à problemas físicos.
- aplicação de problemas reais com grau de dificuldade crescente;
- desenvolvimento de habilidades de simulação, análise e modelamento;

Características da estrutura do projeto desenvolvido:

- trabalho em grupo;
- 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;
- quantidade de alunos submetidos à atividade: 1000 (65% matriculados nos cursos matutinos e 35% nos cursos noturnos);
- quantidade de alunos por equipe: 04
- trabalho a ser realizado extra sala de aula com supervisão e avaliação pelos professores de laboratório.

As atividades foram propostas por meio de roteiros encadeados por uma estória comum que permitisse explorar os seguintes conceitos: eletrostática, campo elétrico, potencial, capacitância, campo magnético, força eletromagnética, lei de Faraday, indução eletromagnética, oscilações e ondas e tópicos relacionados às séries de Fourier. Como o projeto foi aplicado a alunos de diversas habilitações, procurou-se utilizar exemplos e atividades que mostrassem os diversos conceitos físicos aplicados à problemas que envolvessem as diversas áreas do conhecimento e as diversas habilitações da engenharia. Exemplos dos roteiros desenvolvidos são apresentados no anexo A.



A cada semestre os alunos receberam 04 roteiros. Ao longo do semestre deveriam realizar as atividades extra sala contando com o apoio dos professores de laboratório (durante as aulas regulares) e de alunos monitores (fora do horário das aulas regulares).

Ao final do semestre cada equipe apresentou o seu portfólio com as atividades desenvolvidas e realizou uma apresentação em powerpoint, contendo o resultado e análises das atividades propostas. Após apresentação a equipe foi arguida, de forma oral, individualmente ou coletivamente, pelo professor.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a avaliação do projeto aplicado junto aos alunos analisando-se sua aplicabilidade e resultados.

2. AVALIAÇÃO

Houve 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:

2.1. 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 apresentação oral deve ser realizada em até 10 minutos com um máximo de 10 slides. Tal restrição visa desenvolver nos alunos a habilidade de selecionar resultados relevantes e apresenta-los de forma objetiva.

A primeira nota, 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.

2.2. Avaliação do processo de aprendizagem proposto

A avaliação do processo de aprendizagem proposto foi efetuada por meio de questionário próprio aplicado aos alunos ao final do semestre, onde os alunos tiveram a oportunidade, de forma não identificada, avaliar as atividades propostas quanto à percepção da contribuição da realização do projeto. As respostas tabuladas com relação a percepção dos alunos quanto ao 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) são apresentadas nas (Tabela 1 – Noturno/Tabela 2 - Diurno) e as sugestões de melhoria nas (Tabela 3 – Noturno/Tabela 4 – Diurno).

Tabela 1: Respostas compiladas dos estudantes dos estudantes do período Noturno

Semestre aplicado		1º			2º			Varição do 1º p/o 2º semestre
Questionários respondidos		74			70			
QUES TAO	Item	Sim	Não	Indiferente	Sim	Não	Indiferente	
1	Os casos apresentados foram interessantes?	58%	1%	41%	84%	1%	14%	26%
2	Você considera que a Física é fundamental para a atividade do engenheiro?	95%	0%	5%	94%	0%	6%	0%
3	Os casos apresentados permitiram que você visse aplicações dos conceitos físicos dados em aula em aplicações da engenharia?	76%	1%	22%	89%	1%	10%	13%
4	A quantidade de atividades foi apropriada?	49%	3%	49%	70%	3%	27%	21%
5	O tempo de realização das atividades (apresentação ao final de cada semestre) foi adequado?	66%	7%	27%	80%	1%	19%	14%

6	O grupo buscou orientação do projeto junto aos docentes da disciplina?	43%	23%	34%	41%	26%	33%	-2%
7	O grupo buscou orientação do projeto junto aos alunos monitores?	11%	70%	19%	11%	79%	10%	1%
8	O trabalho permitiu um melhor entendimento da disciplina Física II?	62%	3%	35%	70%	1%	29%	8%

Tabela 2: Respostas compiladas dos estudantes dos estudantes do período Diurno

Semestre aplicado		1º			2º			Varição do 1º p/o 2º semestre
Questionários respondidos		121			112			
QUES TAO	Item	Sim	Não	Indiferente	Sim	Não	Indiferente	
1	Os casos apresentados foram interessantes?	50%	4%	45%	72%	1%	27%	22%
2	Você considera que a Física é fundamental para a atividade do engenheiro?	98%	0%	2%	98%	0%	1%	1%
3	Os casos apresentados permitiram que você visse aplicações dos conceitos físicos dados em aula em aplicações da engenharia?	76%	2%	22%	85%	2%	13%	9%
4	A quantidade de atividades foi apropriada?	50%	10%	39%	79%	3%	18%	29%
5	O tempo de realização das atividades (apresentação ao final de cada semestre) foi adequado?	71%	4%	25%	81%	2%	17%	10%

6	O grupo buscou orientação do projeto junto aos docentes da disciplina?	31%	40%	29%	37%	30%	33%	6%
7	O grupo buscou orientação do projeto junto aos alunos monitores?	6%	78%	17%	5%	85%	10%	0%
8	O trabalho permitiu um melhor entendimento da disciplina Física II?	58%	5%	37%	73%	2%	25%	15%

Tabela 3 - Percepções dos alunos do período Noturno

	Ruim		Boa
1º semestre	<p>“Falta legenda nos vídeos”</p> <p>“Exercícios devem ser mais diretos”</p> <p>“Tempo do trabalho elevado”</p> <p>“Sobrecarga com outros trabalhos”</p> <p>“Apresentação próxima das provas”</p> <p>“Falta tempo”</p> <p>“Melhor um tema para cada grupo”</p> <p>“Sobrecarga com outras disciplinas”</p>	<p>“Algumas perguntas davam margem para mais de uma interpretação”</p> <p>“Deve-se separar o projeto por habilitação”</p> <p>“Deve-se repensar a restrição à quantidade de slides”</p> <p>“Roteiros extensos”</p> <p>“Trabalhos devem ser mais curtos e objetivos”</p> <p>“É necessário aumentar tempo de apresentação e slides”</p> <p>“Evitar temas</p>	<p>“Melhor que o relatório completo”</p> <p>“O trabalho foi bom, mas encavalou com outros”</p>

		abstratos”		
2º semestre	<p>“Gostaria de sugerir mais pesquisas de engenharia focadas em cada tronco”</p> <p>“A disciplina já tem uma carga horária grande, e os roteiros demandam muito tempo para serem feitos”</p>	<p>“Gostaríamos de um projeto que nos ajudasse a aprender o conteúdo, algo como uma lista de exercícios, pois achamos que o trabalho acaba não acrescentando muito ao nosso conhecimento, e sendo confuso. Os enunciados não são claros quanto ao que eles pedem”</p>	<p>“Com este trabalho pudemos verificar a aplicação da física em situações reais.”</p> <p>“O ponto forte do projeto foram os softwares disponibilizados para aprendizagem.”</p> <p>“Continuamos com o mesmo ponto de vista do trabalho passado, o trabalho é extremamente interessante, porém, para alunos que trabalham, o mesmo acaba se tornando um inconveniente, assim como foi muitas vezes para nós. Sugerimos que 2 vezes por bimestre, existam aulas unicamente para abordar a resolução de dúvidas do projeto pelo professor.”</p>	<p>“Os simuladores indicados ajudam muito no entendimento dos fenômenos físicos e são interessantes devido ao fácil manuseio do sistema.”</p> <p>“Todo ano, ao invés de ser aplicada prova de laboratório, a nota deveria ser com base neste trabalho, conforme foi neste ano, pois o entendimento da matéria ficou muito mais fácil e simples”</p>

Tabela 4 - Percepções dos alunos do período Diurno

	Ruim		Boa
1º semestre	<p>“Necessidade de auxílio no uso software”</p> <p>“Trabalho grande”</p> <p>“Colocar prova no</p>	<p>“Melhor explicação software”</p> <p>“Aumentar o tempo de apresentação ou diminuir o conteúdo</p>	<p>“Apresentação em grupo”</p> <p>“Aprendemos com os erros após a apresentação”</p> <p>“Necessidade de melhor organização do</p>



	<p>lugar do projeto”</p> <p>“Muitos roteiros”</p> <p>“Quantidade excessiva roteiros”</p> <p>“Orientações diferentes de docentes”</p> <p>“Qtd limitada de slides”</p> <p>“Maior tempo de apresentação”</p> <p>“Projeto toma tempo prova de lab mais rápida”</p>	<p>dos roteiros”</p> <p>“Próximo das provas”</p> <p>“Tempo gasto excessivamente no trabalho”</p> <p>“Atividades voltadas a áreas mais específicas”</p> <p>“Docentes não familiarizados com os softwares dos roteiros”</p>	<p>tempo pelos alunos”</p> <p>“Projeto muito interessante”</p> <p>“O trabalho ajudou a aprimorar nossos conhecimentos”</p>	
2º semestre	<p>“Aumentar os slides e o tempo de apresentação”</p> <p>“Seria mais interessante trabalhos práticos ao invés de trabalhar apenas na teoria”</p> <p>“Cada integrante poderia ter a liberdade de escolher o assunto sobre o qual irá apresentar para poder montar seus slides”</p>		<p>“O trabalho consegue relacionar o que vemos na teoria com a prática, mas acho que ainda deve ser feita uma provinha”</p> <p>“A atividade se apresentou muito eficaz em demonstrar conceitos de física aplicados no mundo da engenharia”</p> <p>“O projeto foi de extrema importância, pois os conceitos que vimos em aula foram reforçados”</p>	<p>“Achamos muito interessante falar sobre o trem Maglev. Conhecemos melhor também as ondas de celulares e rádio”</p> <p>“Muito bom, exige do aluno organização, conhecimento, apresentação, pesquisa e trabalho com prazos de entrega, aspectos que uma prova não consegue”</p>



3. AS DIFICULDADES E OS RESULTADOS OBTIDOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Inicialmente a procura por esclarecimentos quanto ao uso do software foi 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, a abordagem ativa proposta pelo uso de simulações computacionais auxiliou em muito a interpretação e análise física promovendo uma melhor reflexão necessária ao entendimento.

Conforme levantamento realizado com os alunos tanto do período diurno quanto noturno notou-se que, pela percepção de entendimento, aproximadamente 70% compraram a ideia, para 20% a proposta foi indiferente e para 10% o modelo proposto não surtiu efeito, assim talvez para estes o modelo anterior de provas deveria retornar. Apesar do 1º semestre apresentar maior índice de sugestões críticas e demandas, observa-se que no 2º semestre estas demandas diminuem e os elogios as atividades aumentam com maior aceitação dos alunos e maior interesse pelos casos propostos.

3.1. Aperfeiçoamentos implantados na próxima versão do trabalho

Conforme sugestões levantadas pelos próprios alunos, na versão implantada em 2014, foram mantidos 4 roteiros no 1º semestre e reduzidos a quantidade de roteiros no 2º semestre para 2, acrescentando-se um projeto prático a ser montado e analisado pelas equipes. Foram também ampliados os momentos dedicados pelos professores para dúvidas e orientações quanto às atividades propostas. Tais modificações serão objeto de estudo num futuro artigo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de metodologias de aprendizagem ativa apresentou resultados muito positivos com um melhor entendimento dos alunos das relações entre os conceitos Físicos e as aplicações práticas da Engenharia. Os alunos, desde que entendam a filosofia da proposta que é fazê-los pensar, passar a ter maior comprometimento com a ideia tornando-a bastante proveitosa academicamente. A utilização de uma proposta que visa promover a reflexão e o pensamento crítico que possa ser trabalhada continuamente ao longo do ano letivo se mostrou eficaz.

5. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

Livros:

DU.X; DE GRAAFF,E.; KOLMOS, A. Research on PBL Practice in Engineering Education. Sense Publishers. 2008

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

Capítulos de Livros:



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

Periódicos:

FRASER, J.M.; TIMAN, L.A.; MILLER, K.; DOWD, J.E.; TUCKER, L.; MAZUR, E. IOP Publishing – Reports on Progress in Physics – Doi 10.1088/0034-4885/77/3/032401, 2014.

Trabalhos em eventos

BARACAT, D.E. et al; 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

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

CUTRI, R.; BARACAT, D.; WITKOWSKI, F.M.; MEGRICH, A. O uso do ensino baseado em problemas para a disciplina de Física (Eletromagnetismo e Ondas) num Curso de Engenharia. Project Approaches in Engineering Education - PAEE'2013, Eindhoven, Holanda. July 8-9, 2013

EVALUATION OF PBL METHODOLOGY FOR PHYSICS (ELECTROMAGNETISM AND WAVES) IN A ENGINEERING COURSE

Abstract: *This article presents the evaluation of the PBL project developed with students of Physics (Electromagnetism and Waves). Several contextualized roadmaps were proposed to enable students to have a better understanding of the physical phenomenon, in addition to scientific thinking for proper modeling, simulation and analysis. The obtained results were promising and show the viability of application of PBL for large classes.*

Key-words: *PBL, Electromagnetism and Waves, Engineering Education*

ANEXO A

3º ROTEIRO

Objetivos de Aprendizagem

- Estudar o campo elétrico e suas aplicações

Mais uma semana começava para o grupo de estudantes. Já haviam compreendido melhor o porquê de se trabalhar com modelos. Agora iriam trabalhar em alguns projetos envolvendo conceitos físicos e matemáticos. Finalmente iriam utilizar suas calculadoras, disseram a Mark. Mark, no entanto, retrucou: “A computer only does what you tell it to do, it’s important to analyse the answers that you get. The problems in the world were created by engineers, and also can only be fixed by engineers. An engineer’s exercise creativity, solve problems and make a difference in the world.”

1) Acesse o site: <http://www.engineeringchallenges.org/> , escolha um desafio e comente brevemente como a física pode ajudar a encontrar uma resposta para o desafio escolhido.

2) Leia a reportagem: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/11/20/nova-fabrica-de-semicondutores-quer-revolucionar-padrao-industrial-brasileiro> e comente como a eletrostática afeta a indústria de semicondutores.

3) Por que em indústrias de circuitos eletrônicos é necessária a eliminação da eletricidade estática através do controle de umidade ?

4) Utilizando as simulações dispostas em: <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html> (Copyright MIT TEAL/Studio Physics Project)

Apresente a visualização gráfica (plote a tela) e o modelamento matemático do campo elétrico em:

a) um dipolo b) um condutor retilíneo carregado c) um anel carregado

5) Comente a escolha do formato dos eletrodos e sua relação com o campo elétrico e a eletrostática:



6) Numa subestação de energia elétrica temos que observar as equipotenciais que se formam no solo. Este estudo trata das Tensões de Passo e Tensão de Toque. O que são?

5º ROTEIRO

Objetivos de Aprendizagem

- Explorar aplicações do campo magnético

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. Uma frase na parede da sala chamou-lhes a atenção: “No brain, no gain.”. Ao saírem de lá, estavam entusiasmados, pois tinham assistido uma aplicação direta dos conceitos do eletromagnetismo que tinham aprendido no Brasil. Lembraram também que está nos planos do governo brasileiro a construção de um trem de alta velocidade ligando o Rio de Janeiro a São Paulo.



Fonte: <http://www.ebc.com.br/2012/11/edital-do-trem-bala-sera-publicado-no-dia-26-de-novembro>

- 1) Assista a um vídeo sobre Maglev no youtube.
- 2) Acesse o filme disposto no site: <http://www.mip.berkeley.edu/physics/levitator.html> - Copyright © 1991, 1996 By the UC Regents . Explique fisicamente o que ocorreu em cada filme.
- 3) Demonstre matematicamente a aplicação da Lei de Biot-Savart a um condutor em formato de espira retangular e calcule o campo magnético em seu centro.
- 4) Nas situações a seguir, utilizando as simulações dispostas em:

<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/index.html> (Copyright MIT TEAL/Studio Physics Project), apresente a visualização gráfica e explique fisicamente o que aconteceu com as:

- a) forças magnética entre condutores conduzindo correntes paralelas no mesmo sentido;
- b) forças magnética entre condutores conduzindo correntes paralelas em sentidos opostos;