

UMA EXPERIÊNCIA INTEGRADA ENTRE OS PROGRAMAS DE APRENDIZAGEM: CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL E ELETRICIDADE

Lilia Maria Marques Siqueira – lilia.siqueira@pucpr.br

Waléria Adriana Gonzalez Cecílio – waleria.cecilio@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Departamento de Engenharia Elétrica

Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho

Curitiba - PR

***Resumo:** Este artigo apresenta uma proposta de intervenção metodológica no 2º período do curso de Engenharia Elétrica da PUCPR. No primeiro ano do curso de Engenharia, os alunos possuem pouca familiaridade com os conteúdos apresentados nos diferentes programas e requerem atividades integradoras que possibilitem a visualização da aplicabilidade dos conceitos estudados. No currículo da Engenharia Elétrica da PUCPR, o programa de cálculo foi estruturado de forma a possibilitar ao aluno a integração entre as fórmulas de derivadas para função senoidal e os circuitos elétricos. São selecionados exercícios do programa de cálculo relacionados com o programa de eletricidade, favorecendo a aprendizagem dos dois programas. A atividade relatada neste artigo compreendeu teoria e prática; na primeira etapa, os alunos, trabalhando em duplas, realizavam atividade prática em laboratório de experimentos e a relacionavam com a teoria vista em sala de aula, obtendo as equações e os gráficos relacionados com o circuito. Numa segunda etapa, refaziam a tarefa apenas teoricamente, modificando a frequência de operação do circuito, apresentando conclusões sobre o comportamento do mesmo com base na interpretação das equações.*

***Palavras-chave:** Educação Superior; Interdisciplinaridade; prática pedagógica; Cálculo Diferencial e Integral; Eletricidade.*

1 INTRODUÇÃO

As rápidas modificações que diariamente ocorrem na sociedade sugerem diversos fatores que, na rotina cotidiana de um curso superior, remetem à necessidade de reflexão. Dentre muitas questões, algumas são consideradas fundamentais: Como tornar atrativo o curso de engenharia? Como avaliar se o conhecimento está sendo adequadamente construído? Como preparar, de maneira adequada, os futuros profissionais? Como vincular a qualidade do ensino à avaliação? Estas questões não são tão simples de serem respondidas, porém, é

plausível refletir sobre elas no sentido de contribuir com idéias que possam somar a outras, trazendo à tona novas tendências e metas de ensino e avaliação, as quais poderão ser mais atrativas, dinâmicas e pertinentes com a realidade que os alunos de engenharia vêm enfrentando.

ANASTASIOU (2004) adverte os docentes universitários da necessidade de se fazer aulas, ao invés de dar ou assistir aulas: “Neste fazer aulas é que surgem as necessárias formas de atuação do professor com o aluno sobre o objeto de estudo e a definição, escolha e efetivação das estratégias diferenciadas que facilitem este novo fazer.”

O papel da Universidade é de fundamental importância para realizar a preparação adequada do aluno, para os enfrentamentos profissionais que advirão. Em uma primeira análise, percebe-se que é necessário incentivar, ensinar o aluno a pensar, instigando a importância do auto-aprendizado. Isto pode ser alcançado mediante o uso de novas estratégias de ensino-aprendizagem. O ensino, então possuirá uma nova conotação, semelhante ao indicado por Pereira: “Este deve estar na direção da integração do conhecimento, na interdisciplinaridade, no trabalho coletivo, na participação dos indivíduos, na construção daquilo que os afeta” (PEREIRA, 1997).

Os cursos de Engenharia tradicionalmente estão voltados para o desenvolvimento de habilidades que garantam o perfil desejado do egresso, tais como: aplicar conhecimentos matemáticos e tecnológicos à engenharia; projetar e analisar sistemas, avaliar criticamente a operação de sistemas. De fato, o desenvolvimento de projetos multidisciplinares e trabalhos de iniciação científica são algumas das atividades que têm como base a integração dos conhecimentos adquiridos e visam a aproximação dos conteúdos postos em contato, além de vislumbrar possível situação profissional de busca de solução técnica para um problema que possui interferência de outra área do conhecimento. Da entrevista (FAINGUELERNT, 2004), segundo SANTALÓ, retira-se a reflexão sobre a ação docente: “A missão dos educadores é preparar as novas gerações para o mundo em que terão que viver. Isto quer dizer proporcionar-lhes o ensino necessário para que adquiram as destrezas e habilidades que vão necessitar para seu desempenho, com comodidade e eficiência, no seio da sociedade que enfrentarão ao concluir sua escolaridade.”

Nesta perspectiva, os professores vinculados à área de exatas e programas de aprendizagem específicos necessitam atualizar-se para realizar atividades interdisciplinares, teóricas ou em laboratório, buscando a integração dos saberes desenvolvidos em sala de aula, ou fora dela. As atividades oportunizariam a integração entre os conceitos e as práticas, proporcionando papel importante na vida do estudante de engenharia. Explorar, aplicar e praticar são atos eminentemente produtivos e que fortalecem o aprendizado de maneira significativa. Neste sentido, devemos ter como necessidade básica a preparação de atividades que apresentem como elementos principais a interdisciplinaridade, a modelagem matemática e o uso de softwares de maneira integrada a fim de propiciar um aprendizado dinâmico, atual, diferenciado e autônomo.

PEREIRA (1997) nos adverte quanto aos cuidados ao se propor a interdisciplinaridade, para que esta não se transforme em uma superdisciplina, que seria “o estabelecimento de uma nova disciplina para cumprir o papel que as demais não dariam conta.” Na atividade descrita no item 3, a interpretação da interdisciplinaridade é a de colocar diferentes tipos de saber em contato, ou seja, a utilização de equações matemáticas estudadas no Cálculo I, aplicadas em situações na engenharia elétrica, mais especificamente, em Eletricidade.

No presente artigo é apresentada uma proposta de atividade aplicada aos alunos do segundo período da Engenharia Elétrica da PUCPR, relacionando conteúdos abordados nos Programas de Aprendizagem de Cálculo II e de Eletricidade II, com o objetivo de analisar o comportamento de um circuito elétrico e a frequência de operação do mesmo. O propósito deste trabalho foi proporcionar aos alunos a possibilidade de analisar um sistema real que faz

uma primeira aproximação de conteúdos de circuitos elétricos, como parte do currículo inicial do curso de Engenharia Elétrica, por diversos caminhos diferentes fazendo-os perceber a utilidade das ferramentas matemáticas estudadas, favorecendo a aprendizagem.

2 MODIFICAÇÕES NO ENSINO DE ENGENHARIA

Com a evolução da sociedade, da tecnologia, e com a crescente demanda por novas soluções de problemas, percebe-se que as universidades vêm realizando constantes mudanças no que diz respeito ao ensino de engenharia. Busca-se atualizar a docência, acrescentando novas metodologias, que contemplem a investigação, a pesquisa, a autonomia para aprender e gerenciar seu próprio aprendizado. Desta forma, pode-se destacar a mudança de paradigmas na Universidade e a inserção da interdisciplinaridade como uma possibilidade de intervenção metodológica, coerente com a alteração paradigmática.

Mudança de paradigmas na metodologia de ensino

O ensino de engenharia pode conter, em alguns casos, um distanciamento no desenvolvimento de projetos comuns, que integrem a teoria e a prática, principalmente nos anos iniciais. Isto é percebido pelo aluno que apresenta dificuldades em articular os saberes iniciais com a realidade dos programas mais avançados ou mesmo com a realidade profissional. Com isso, enfatiza-se que a verdadeira atualização no ensino deve ser marcada por uma nova postura do professor, que deverá ter como metas principais explorar e difundir o saber acumulado do aluno ao longo dos anos de formação, fazendo uso de instrumental adequado e de metodologia inovadora.

Arelado à idéia de melhorar a comunicação entre os programas de aprendizagem do núcleo básico e do núcleo profissionalizante, cabe ao professor quebrar paradigmas no que diz respeito à metodologia de ensino. O professor deve propiciar estratégias metodológicas que integrem vários temas de estudo, incentivando a aplicação do conhecimento, realizar avaliação coerente, levando o aluno a aprender a aprender, reestruturando sua maneira de pensar em relação ao conteúdo apresentado, isto é, considerar situações e soluções alternativas mediante prévia formulação de um problema.

Esta estratégia metodológica supera o restrito repasse de informações – um aspecto do paradigma tradicional de ensino –, e avança para a atitude de reflexão, visão do contexto do conteúdo trabalhado, aplicação deste conhecimento na realidade – uma atitude que é sugerida no paradigma da complexidade. BEHRENS alerta: “o currículo linear proposto nas escolas propiciou a desintegração das disciplinas em pequenos fragmentos de conteúdos dispostos ordenadamente nos períodos letivos. Esse modelo curricular disciplinar precisa ser revisto na busca da construção de uma proposta integradora para aprender.”(BEHRENS, 2006)

O aspecto mais frágil da fragmentação do ensino é justamente a ausência de correlação entre os conteúdos, que foram separados para melhor compreensão, prescindindo na maioria das vezes, da ligação destes com outros conteúdos da mesma área do conhecimento, ou de outras áreas correlatas. Ainda que não seja possível modificar a estrutura curricular como está disposta na Instituição, é possível realizar as atividades interdisciplinares mediante um projeto que conte com o envolvimento de professores de diferentes disciplinas do currículo em vigor. A interdisciplinaridade, na construção teórica de FAZENDA, incentiva no professor o gosto pela dúvida, pela pesquisa, refazendo as incertezas já consolidadas pelas teorias escolares, junto com os alunos mediante atividades dentro e fora da sala de aula: “o processo da passagem de

uma didática tradicional para uma didática transformadora, interdisciplinar, supõe uma revisão dos aspectos cotidianamente trabalhados pelo professor. Melhor dizendo, é na forma como esses aspectos são revistos que se inicia o processo de ingresso a uma didática interdisciplinar.” (FAZENDA, 1994)

Interdisciplinaridade nos laboratórios

Além da base teórica necessária assimilada em aulas, materiais de leituras e experiência de fazer (“hands-on”) proporcionada pelos laboratórios são elementos vitais na formação do profissional de engenharia [MARCHEZAN, CHELLA e FERREIRA (2005)]. Desta forma, espera-se que, mais do que dar informações, instruções e propor atividades diversas, deve-se desenvolver nos alunos competências e habilidades que possibilitem a construção de um novo conhecimento, incentivando a criatividade e ainda, que propiciem aprender a aprender.

O Laboratório, em geral, é utilizado por grande parte dos programas práticos das ênfases do núcleo profissionalizante. É relevante destacar a importância da utilização dos laboratórios em atividades interdisciplinares, pois, desta forma, é possível realizar experimentos e atividades práticas que exijam do estudante projetar, montar e medir os mais diversos tipos de sinais, utilizando equipamentos analógicos ou digitais, tal que relações matemáticas possam ser extraídas dos procedimentos, interligando, de forma sistemática, os programas de aprendizagem do núcleo básico e profissionalizante, neste artigo representados pelos programas de Cálculo e de Eletricidade.

BIANCHINI & GOMES (2006) realizaram uma pesquisa com 120 alunos do curso de Engenharia Elétrica da PUC Campinas, acerca de suas maneiras de estudar os conteúdos abordados em sala de aula, e levantaram que: 75% dos alunos do curso diurno e 67% dos alunos do curso noturno, apenas liam os conteúdos apresentados em sala de aula; 90% dos alunos do curso diurno e 87% dos alunos do curso noturno refaziam os exercícios feitos nas aulas; apenas 15% dos alunos do curso diurno e 30% dos alunos do curso noturno pesquisavam novas informações.

Este levantamento foi feito em alunos que frequentavam aulas no paradigma tradicional de ensino, que pouco incentiva a pesquisa, a descoberta, a autonomia e a relação entre realidade e as atividades desenvolvidas no ambiente acadêmico. A proposta da atividade relatada neste artigo teve, portanto, como principal objetivo superar a reprodução do conhecimento visto em sala, propiciando maior abrangência das ferramentas matemáticas, usando o laboratório como ambiente para desenvolvimento e pesquisa.

3 REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE

Trata-se de uma experiência de pequeno porte, cuidadosamente implantada, inteiramente apoiada em conhecimentos adquiridos durante os dois primeiros períodos do curso de Engenharia Elétrica e na aprendizagem baseada em situações práticas que envolvem simulação em laboratório.

Para o desenvolvimento da avaliação parcial, escolheu-se um tema que tivesse ligação direta com o enfoque do curso, com o interesse do aluno, vinculado ao conteúdo estudado até o momento e que pudesse utilizar materiais disponíveis em laboratório de domínio dos alunos. Foram utilizados materiais (resistores e capacitores) e equipamentos disponíveis nos laboratórios de experimentos, como geradores de funções e osciloscópios.

Com o propósito didático de melhorar o desenvolvimento do trabalho e propiciar o acompanhamento da atividade, os alunos trabalharam em duplas, cumprindo um total de três

etapas. Cada uma das etapas estava descrita em um roteiro, que foi entregue aos alunos em sala de aula, após a definição das duplas.

Etapa I:

Encontrar as equações dos sinais visualizados na tela do osciloscópio

Os alunos emprestavam os materiais no laboratório e procediam à conexão dos equipamentos adequadamente, conforme vivenciado no semestre precedente. Cada equipe, após ligar os equipamentos de gerador de funções e osciloscópio de acordo com a tabela 1, obtiveram a equação de dois sinais de tensão, um senoidal e outro triangular ou quadrado.

Esta atividade visava elucidar como encontrar, no laboratório, a equação de um sinal senoidal, a partir do formato geral da senóide, e escrever em linguagem matemática as particularidades dos sinais triangulares e quadrados.

Tabela 1 – Distribuição dos sinais por equipe

	Sinal	Amplitude (V_{PP})	Frequência (Hz)
Equipe 1	<i>Senoidal</i>	6	600
	<i>Quadrado</i>	6	600
Equipe 2	<i>Senoidal</i>	4	800
	<i>Quadrado</i>	4	800
Equipe 3	<i>Senoidal</i>	5	1000
	<i>Quadrado</i>	5	1000
Equipe 4	<i>Senoidal</i>	7	1200
	<i>Quadrado</i>	7	1200
Equipe 5	<i>Senoidal</i>	5	3500
	<i>triangular</i>	5	3500
Equipe 6	<i>Senoidal</i>	6	5500
	<i>triangular</i>	6	5500
Equipe 7	<i>Senoidal</i>	8	7500
	<i>triangular</i>	8	7500

Anotaram (na escala) em papel milimetrado os sinais visualizados no osciloscópio, copiando os valores das escalas (V/div) e (time/div), deixando clara a total correspondência entre a equação – obtida da substituição corretas das informações de amplitude, frequência e etapa – e o gráfico – obtido da visualização correta das escalas dos instrumentos.

Etapa II:

Montar um circuito RC ou RL e submetê-lo ao sinal senoidal. Encontrar as divisões de tensões correspondentes e comprovar a Lei de Kirchoff das Tensões em CA

Com o auxílio da placa proto-board, cada dupla montou um circuito série a ele aplicaram o sinal senoidal, com as características vinculadas a sua equipe. O circuito série formado por um resistor e um capacitor ou indutor, arbitrados pelos alunos de forma a se obter uma impedância equivalente de mesma ordem de grandeza. (Por exemplo: $R = 10 \text{ k}\Omega$ e $Z_c = -j 16,66 \text{ k}\Omega$):

Tabela 2 – Distribuição dos componentes do circuito por equipe

	sinal	Resistor (Ω)	Elemento armazenador
Equipe 1	<i>Senoidal</i>		$C=$
Equipe 2	<i>Senoidal</i>		$L=$
Equipe 3	<i>Senoidal</i>		$C=$
Equipe 4	<i>Senoidal</i>		$L=$
Equipe 5	<i>Senoidal</i>		$C=$
Equipe 6	<i>Senoidal</i>		$L=$
Equipe 7	<i>Senoidal</i>		$C=$

Como complemento e verificação dos valores encontrados em laboratório, os alunos desenharam os circuitos esquemáticos, a ligação do instrumental em cada elemento, calcularam a impedância, a corrente fasorial e a tensão sobre o elemento armazenador de energia (indutor ou capacitor). Montaram o diagrama fasorial entre tensão total, tensão no resistor e a tensão no elemento armazenador de energia (indutor ou capacitor), visualizando a aplicabilidade da soma fasorial em circuitos elétricos.

Etapa III:

Recalcular as grandezas das etapas I e II e relacionar os resultados com a frequência de operação do circuito

Na *Etapa III*, os alunos refizeram teoricamente as partes 1 e 2, para o dobro da frequência de operação no circuito da etapa II, compararam os dois diagramas fasoriais e explicaram sobre o efeito do aumento da frequência na reatância capacitiva e indutiva, e sua implicação nas correntes e tensões do circuito, com base nos teoremas estudados e cálculos realizados.

Os alunos entregaram relatório escrito para as professoras dos dois programas, contendo a descrição de cada uma das tarefas de sua equipe, cálculos e gráficos. Receberam pontuação nos dois programas, valorizando a atividade e incentivando a participação. As três etapas evidenciaram aos alunos a forte ligação entre os programas de aprendizagem específicos e os programas do núcleo comum, em especial o Cálculo Diferencial e Integral e Eletricidade.

Durante o desenvolvimento da experiência, os alunos consultaram as professoras sobre as discrepâncias observadas em relação ao comportamento previsto pela teoria. Os alunos foram, então, incentivados a investigar tais diferenças, refazendo a atividade nas etapas 1 e 2, procurando uma maior relação entre os conteúdos vistos nas aulas teóricas e nas aulas práticas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As três etapas compreendidas no projeto foram desenvolvidas no período de duas semanas. Os alunos responderam a uma avaliação oral da atividade, apontando que foram capazes de: identificar os conteúdos dos Programas de Aprendizagem relevantes para a solução do problema; sub-dividir o trabalho em partes menores; integrar os resultados e retornar à teoria para buscar informações relevantes.

Constatou-se ainda que os alunos são incentivados a estudar com maior regularidade; apresentam melhor participação nas atividades e interpretam de maneira criativa o conhecimento exposto durante o curso, além de desenvolver habilidade para integrar saberes prévios, obtidos em outros programas no curso e em laboratórios anteriores.

Além disso, verificou-se que a implantação do projeto envolvendo os Programas de Aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral II e Eletricidade foi uma intervenção metodológica bem-sucedida; que alterou a rotina das aulas, dinamizando-as, e evidenciou que a qualidade depende muito do nível de entusiasmo do aluno. Cabe ressaltar que a boa comunicação entre professores e alunos deve ser mantida durante todo o processo de desenvolvimento e conclusão do projeto, para garantir a qualidade da atividade.

Neste acompanhamento é possível realizar a avaliação processual, que especialmente no ensino de engenharia, tem impacto muito mais amplo que a simples atribuição de notas aos alunos pelo desempenho em exames ou trabalhos escritos, além de permitir validar o trabalho realizado. O processo de avaliação deve estar estreitamente relacionado com as metas do ensino da engenharia, que possui nítida necessidade de atividades avaliativas que possibilitem conectar de maneira qualitativa os Programas de Aprendizagens do núcleo básico e do núcleo profissionalizante. Nesta perspectiva, faz-se necessário que as atividades avaliativas sejam permanentemente discutidas e analisadas de forma a refletir diretamente no aperfeiçoamento das metodologias de ensino-aprendizagem.

Esta atividade vem como alternativa metodológica para a superação ao freqüentemente encontrado em cursos de engenharia exposto por Oliveira: “além de registrar uma falta de integração entre as disciplinas do curso na estrutura curricular, verifica-se também uma desintegração dentro das próprias disciplinas com separações entre as partes teóricas e práticas. Isto especialmente em disciplinas básicas e com conceitos relacionados com fenômenos e conceitos importantes para a formação profissional.” (OLIVEIRA, 2002, p.141)

Inserir atividades que envolvam habilidades necessárias ao profissional da Engenharia Elétrica é uma tentativa de superar a fragmentação, e é fundamental que os alunos possam se defrontar com desafios desta natureza desde o início do curso. Mais importante ainda, é que os professores estejam atentos ao desenvolvimento correto dessas habilidades, acompanhando o processo de aprendizagem, antes de os alunos saírem do núcleo básico e entrarem no núcleo profissionalizante do curso, possibilitando que estejam preparados para vivenciar maiores desafios e fortalecer a sua formação profissional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTASIOU, L. G.C. **Ensinar, aprender, apreender e processos de ensinagem.** In: ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, Leonir P. Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 3. ed. Joinville: Universidade da Região de Joinville, 2004. 145 p

BEHRENS, M. A. **Paradigma da complexidade:** metodologia de projetos, contratos didáticos e portfólios. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006. 135p

BIANCHINI, D. & GOMES, F. S. C. **Aprendizagem dentro e fora da sala de aula no Curso de Engenharia Elétrica.** In: WCCSETE'2006- World Congress on Computer Science, Engineering and Technology Education - New Engineering to a New World - **Anais Itanhaém/Santos, 2006.** - disponível em CD ROM

FAINGUELERNT, E. K. Entrevista. **Educação Matemática em Revista** – SBEM, ano 11, n. 16, p. 4-7, maio de 2004.

FAZENDA, I.C.A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa** Campinas: Papirus, 1994.

MARCHEZAN A. R.; CHELLA, M. T.; FERREIRA, E. C. **Laboratório Remoto aplicado ao Ensino de Engenharia Eletrônica.** Disponível em: <www.nied.unicamp.br/~siros/doc/2211.pdf>. Acesso em: jun. 2005.

PEREIRA, L. T; BAZZO, W. A. **Ensino de Engenharia:** na busca de seu aprimoramento. Florianópolis: UFSC, 1997. 167p.

OLIVEIRA, V.F de **Teoria, prática e contexto no Curso de Engenharia.** In: PINTO, D. P.; NASCIMENTO, J.L.DO (ORG.) Educação em engenharia : metodologia. São Paulo: Ed. Mackenzie, 2002. 295 p.

AN INTEGRATED EXPERIENCE BETWEEN TWO LEARNING PROGRAMS: DIFFERENTIAL CALCULUS AND ELECTRICITY

Abstract: *This article presents a methodological intervention propose for the second semester of Electrical Engineering at PUCPR University. At the first Engineering semester, the students have few familiarity with the contents presented in the different programs, requiring integrative activities to perform the studied concepts applicability visualization. At PUCPR's Electrical Engineering curriculum, the Calculus program was structured to allow student integration among derivative formulas for sinusoidal function and the electrical circuits. Exercises relating calculus and electrical programs are selected, enabling both programs learning. The task described in this article comprehends theory and practice; in the first phase the students, working on pairs, performed practical activities in the laboratory and related them with the theory studied in the classroom, obtaining the equations and the graphics related to the circuit. In a second phase, students remade the task only theoretically, modifying the circuit operational frequency, presenting conclusions about circuits behavioral based on the interpretation of the equations.*

Key-words: *Higher Education; Interdisciplinary; Pedagogical Practice; Differential Calculus; Electricity.*