

**SD01 - PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INTEGRADORAS E  
TECNOLOGIAS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA**

**FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR EM ENGENHARIA DE  
SISTEMAS DA UFMG: ATENÇÃO AO NÃO SABER**

**Eneida Pereira dos Santos** – [epsants11@ufmg.br](mailto:epsants11@ufmg.br)  
Faculdade de Educação da UFMG - PPGFAE/CNPq

**Frederico Gadelha Guimarães** - [fredericoguimaraes@ufmg.br](mailto:fredericoguimaraes@ufmg.br)  
Escola de Engenharia da UFMG, Dep. Engenharia Elétrica

**Ricardo Luiz Adriano** – [rluiz@cpdee.ufmg.br](mailto:rluiz@cpdee.ufmg.br)  
Escola de Engenharia da UFMG, Dep. Engenharia Elétrica

**Eduardo Fleury Mortimer** – [mortimer@ufmg.br](mailto:mortimer@ufmg.br)  
Faculdade de Educação da UFMG – DMTE

**Ana Liddy Cenni de Castro Magalhães** - [analiddy@eee.ufmg.br](mailto:analiddy@eee.ufmg.br)  
Escola de Engenharia da UFMG, Dep. Engenharia Elétrica

**Luciana Moro** - [moro@icb.ufmg.br](mailto:moro@icb.ufmg.br)  
Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, Dep. Patologia Geral

**Resumo:**

Para avanço social e econômico no Brasil, para além do efeito rainha vermelha, incentiva-se articulação entre sistemas de inovação e processos de *catching up*. Os engenheiros aí podem contribuir através: de melhoria contínua de produtos e da produção; de gestão do processo produtivo; das atividades de inovação científico e tecnológica das organizações públicas e privadas. A evasão e repetência são obstáculos para atendimento à crescente demanda por este profissional. Para mudança de tal quadro, novas estratégias metodológicas devem ocorrer durante formação acadêmica. Privilegiar a resolução de problemas sem resposta prévia tem efeitos positivos como o de aprimorar, no futuro profissional, capacidade de lidar com situações inéditas, constantes em seu campo de trabalho. Neste relato de experiência, serão apresentados dados de avaliação final, de uso, pelos docentes, de resolução de problemas abertos em laboratório de projetos do módulo II, no curso em Engenharia de Sistemas da UFMG. Avaliação feita pelos estudantes, no primeiro semestre de 2013. Dentre qualidades de adoção deste recurso,

como base de proposta didática em tal ambiente de graduação, aponta-se o fato dos estudantes se implicarem mais nos estudos, por exemplo, revendo conteúdos já estudados e deles extraindo ainda maior entendimento.

**Palavras-chave:** Engenharia de Sistemas da UFMG, Laboratório de projetos, Sistemas complexos, Resolução de problemas em aberto

## I INTRODUÇÃO

### 1.1 Desafios sócio-políticos e econômicos e novas demandas de formação acadêmica

No cenário internacional, o Brasil ocupa posição intermediária - em termos de renda per capita, produção tecnológica (patentes por milhão de habitantes) e produção científica (artigos por milhão de habitantes), com reduzido envolvimento das suas empresas com atividades inovativas e com pesquisa e desenvolvimento. Assim como a Índia, África do Sul ou México, ele se caracteriza por um sistema de inovação de natureza desigual, heterogênea e imatura. Desde a década de 1970, aqui se constata o fenômeno do “*efeito rainha vermelha*”, em que a produção científica e tecnológica possibilita que o país cresça, porém, apenas garantindo a manutenção de mesmo patamar de desenvolvimento, em comparação com países qualificados de mais avançados, como EUA, Japão, Alemanha. Tal diagnóstico é feito levando-se em conta estreita relação entre o crescimento econômico e a capacitação científica e tecnológica (dinheiro-finanças, ciência e tecnologia) (ALBUQUERQUE, 2009; DAGNINO, 2008).

Quanto ao acima descrito, uma das indicações para melhoria da posição ocupada pelo Brasil no cenário internacional, é que, no campo da Educação, os profissionais se qualifiquem de modo a assumirem funções estratégicas no mercado produtivo e nos centros de ensino e pesquisa (ALBUQUERQUE, 2009). Profissionais que sejam capazes de pensar ou avaliar (sensível e) criticamente a realidade, expressem ímpar desenvoltura para investimento em campos inexplorados, atentos às demandas, aos limites e às possibilidades do contexto nacional e exterior.

Para a formação de tal tipo de sujeitos, os centros de formação deverão propor e manter práticas didáticas com características próprias. Dentre as mais relevantes, entende-se que em tais

contextos o discurso de autoridade (geralmente exclusivo ou predominante na maioria das escolas, deverá ceder lugar (em termos de quantidade e de qualidade) para o discurso dialógico. Portanto, que ocorram atividades que propiciem maior interação entre docentes e estudantes, *com ativa participação destes*. Didática que possibilite, portanto, não somente a apropriação dos conteúdos previstos, estabelecidos, mas a exploração, pelos docentes, do modo de entendimento dos conteúdos estudados (ou em discussão) por cada estudante (MORTIMER & SCOTT, 2002). Do conjunto de possibilidades para expressão dos estudantes no ambiente escolar pode-se citar atividades envolvendo a resolução de problemas sem resposta prévia (*open-ended problems*) (MOURTOS et al., 2004).

## **1.2 Problemas sem resposta prévia**

A respeito da necessidade de mudanças nos centros de formação, algumas considerações. A proposição pelos docentes, para os estudantes, de resolução de exercícios projetados com determinados parâmetros consiste em um dos principais recursos da didáticos na educação escolar tradicional incluindo o ensino da engenharia. Argumenta-se que, através da resolução de exercícios com solução prévia (geralmente única), exigindo níveis variados do pensamento (como lembrança, compreensão e aplicação) ou alguns mais alto (como a análise), os estudantes aprendem a aplicar as equações teóricas tanto em cenários hipotéticos quanto no mundo real. A alegação é de que tal atividade proporciona ao estudante a oportunidade de testar a sua compreensão da teoria e conceitos.

Embora, esses exercícios representem passo importante para os estudantes relacionarem teoria e aplicação, eles porém não evidenciam a complexidade e profundidade necessária para dominar as habilidades de resolução de problemas. Assim no caso, por exemplo, dos graduados de engenharia, mesmo solucionando mais de 2.500 exercícios em seu trabalho de graduação, é significativo o número daqueles que não evidenciam as habilidades essenciais de resolução de problemas necessárias para resolver os problemas do mundo real. Tais estudantes tendem a depender de soluções já conhecidas, ao invés de cogitar investir em campos ainda inexplorados ou ideias nunca antes configuradas. O que melhor poderá ocorrer, caso eles sejam desafiados a lidarem com questões sem definição prévia da(s) solução(ões). Como dinâmica que requer exploração de níveis mais elevados de pensamento (por exemplo,

atividade de avaliação e criação), os estudantes devem sim ser incentivados a elaborar perguntas, configurar hipóteses, construir modelos, em intervalos regulares, propor soluções. Dando tempo, os docentes devem revisar as respostas, fornecendo informações adicionais (MOURTOS, 2004).

A orientação então é de que os engenheiros, em contexto de formação acadêmica, diante de problemas do mundo real, sejam incentivados a definir o problema em si e a decidir o necessário para responder à pergunta. Em tais situações, que eles sejam desafiados a formular, decidir qual teoria é aplicável ao contexto e qual a abordagem a seguir para calcular as quantidades desconhecidas. Etapa que exigirá pressupostos adicionais de modelagem do problema, proposição de equações fundamentais para resposta a tais problemas. É assim que escolha, pelo docente, de trabalhar com *problemas em aberto* pode ter um impacto significativo para a aprendizagem dos estudantes. Esta estratégia de ensino, melhorando as habilidades de resolução de problemas dos estudantes, além de mais envolvente, segundo depoimentos de estudantes e docentes, amplia: a capacidade deles de identificar e formular problemas da engenharia; o nível de confiança dos estudantes na abordagem de problemas do mundo real (MOURTOS, 2004).

Da necessidade no Brasil de reestruturação e recuperação sócio-econômica (*catching up*), com consequências positivas no campo sócio-político e cultural, mecanismos apropriados para tal fim precisam ser pensados (ALBUQUERQUE, 2005; ALBUQUERQUE 2009). Neste caso, entende-se que os engenheiros têm significativa importância pela potencial capacidade deles de proposição e desenvolvimento de processos, tais como: de melhoria contínua dos produtos e da produção; de gestão do processo produtivo; das atividades de inovação científico e tecnológica das empresas. Mas apesar do aumento nos últimos 15 anos dos cursos de engenharia, para alguns estudiosos, a formação de engenheiros no Brasil nos centros de formação escolar vive momento de crise (portanto, também de oportunidades). No conjunto dos cursos de engenharia abrangendo todas as especialidades, são expressivas as taxas de evasão (em torno de 41%) e repetência nas universidades, incluindo as públicas em todo o país (PACHECO, 2010). Situação que vem mobilizando as instituições para modificação desta situação.

Assim, neste relato de experiência, serão apresentados dados de avaliação final, de uso, pelos docentes, de resolução de

problemas abertos em laboratório de projetos do módulo II, no curso em Engenharia de Sistemas da UFMG. Avaliação feita pelos estudantes, no primeiro semestre de 2013. Sobre este curso, o seu projeto político pedagógico foi apresentado em artigo no COBENGE /2011 (NETO, et al.) e os laboratórios de projetos, em sessão técnica, no COBENGE deste ano (SANTOS et al., 2013). Os dados do presente artigo visam expor ainda maiores detalhes de como tal proposta interdisciplinar de educação do campo das engenharias busca atender a exigências sócio-políticas e econômicas contemporâneas, com ações na formação no ensino superior.

### **1.3 Metodologia e composição**

Este trabalho contou com referenciais teórico-metodológicos da psicologia sócio-histórica (cf. VEER & VALSINER, 1996) e da análise ergonômica do trabalho (vertente francesa) (cf. GUERIN, 2001). Proposta de investigação que busca captar o movimento ou o processo em andamento. Em relação aos dados específicos ao módulo 2, eles resultam de depoimentos (gravados em áudio e vídeo) dos docentes e dos estudantes, com devida autorização deles. Após a coleta, sistematização e tratamento dos dados, realizou-se conversa de auto-confrontação (cf. LIMA, 2011) entre um dos autores e os sujeitos. Auto-confrontação em que, após exposição dos trechos de vídeos das aulas em referido Laboratório, a estes foram solicitados livres comentários avaliativos de tais episódios gravados. O objetivo era de verificar, com eles, a pertinência de avaliação feita inicialmente por um dos autores. Como composição do texto, na próxima seção, será caracterizado o referido curso, destacando os LPJs. Em seguida, será apresentada avaliação dos estudantes do processo educativo neste contexto cursado no primeiro semestre de 2013. Ao final, serão propostas uma discussão e algumas considerações finais.

## **2 GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS DA UFMG**

### **2.1 Dados gerais da proposta**

A Engenharia de Sistemas da UFMG, visa a transformação do projeto de novos produtos de alta agregação científica-tecnológica em tipo de produto de uma cadeia produtiva. O objetivo deste curso noturno, pioneiro no Brasil, previsto para 12 períodos, é de,

somando esforços e competências de pesquisadores e campos de saber diversos, constituir polo acadêmico para formação de excelência em temáticas próprias à concepção e realização de grandes sistemas industriais ligados a setores de alta tecnologia (NETO et al., 2011). Com caráter interdisciplinar, de modo integrado e simultâneo, dois percursos devem ser trilhados pelos graduandos. Percursos compostos de conteúdos: *técnico-científicos ou principal*, das engenharias elétrica, eletrônica e mecânica, telecomunicações e computação, além de disciplinas básicas de Ciências Exatas, como matemática e física; e *das humanidades ou complementar*, como sociologia, filosofia, psicanálise, narrativas, linguagens, contato com a sociedade. Além das atividades computacionais, o curso dá ênfase à prática de eletricidade e eletrônica. Com isto espera-se qualificar um tipo de engenheiro que, em equipe com outros profissionais (engenheiros e de outras especialidades), com formações e/ou concepções diferentes, em setores industriais e de serviços, se responsabilize pela integração do projeto de novos produtos; em empresas de engenharia e de informática, desenvolva sistemas de suporte a projetos (NETO et al, 2011).

A partir de 2012, em todos os semestres, do 5º ao 9º períodos, parte da formação dos estudantes passou a ocorrer em LPj (do 1º ao 5º), com implementação no momento até o 3º (1/2013). Neles, o estudante, em grupos, é incentivado a desenvolver atividades de síntese de conhecimentos, sob supervisão dos docentes e de monitores de pós-graduação. Os LPjs distinguem-se das disciplinas convencionais por investirem no desenvolvimento de projetos, integrando conteúdos estudados em disciplinas anteriores e trabalhando habilidades ligadas à especificação, projeto, validação, testes e análise de sistemas. Neles são propostos debates sobre questões políticas, econômicas, éticas, filosóficas, envolvendo a ciência, a tecnologia e o fazer da engenharia (NETO et al., 2011).

Os LPjs - eixo central de formação dos engenheiros de sistemas - foram planejados visando a proficiência dos estudantes em aspectos centrais da engenharia de sistemas, vista como um processo de projeto de sistemas tecnológicos. Do 1º ao 5º, respectivamente, cada um dos módulos, privilegia um foco distinto: especificação de requisitos, modelagem, simulação, otimização, gerenciamento de projetos (além do projeto multidisciplinar). Todos eles, porém, se orientam por elementos comuns: metodologia de projetos, problemas abertos, trabalho em equipe, elaboração de identidade como engenheiro de sistemas, comunicação, tratamento

de temas (das humanidades) - ética, impacto social da tecnologia, meio ambiente, gestão de pessoas e projetos.

## **2.2 Especificidades dos Laboratórios de projetos**

Como em artigo acima referido (SANTOS, et al., 2013) detalhou-se as especificidades de cada um dos LPjs, aqui será exposta a condução do LPj 2. O foco deste laboratório é a *modelagem de sistemas complexos de engenharia*. Tal modelagem envolve dois níveis: (i) de alto nível, mais abstrata, que utiliza a linguagem (gráfica) de descrição de modelos conhecida como (systems modeling language – sysML); (ii) de mais baixo nível, matemática, em termos de equações diferenciais ordinárias (EDO) e equações diferenciais parciais (EDP). Modelagens integradas, relevantes, que fornecem visões diferentes do sistema de interesse.

Em relação à dinâmica da disciplina, mantida a sistemática de turmas anteriores, na primeira semana de aula, os docentes explicaram aos estudantes como o LPjs funcionaria. Aí apresentaram 2 temas de projetos a serem desenvolvidos pela turma, escolhendo cada grupo de estudantes um projeto. No caso, os estudantes foram esclarecidos da possibilidade de escolha de outro tema que não os apresentados, porém, que tal proposta deveria satisfazer alguns critérios. Os grupos optaram pelas propostas apresentadas pelos docentes. Prosseguindo com o curso, foram conduzidas práticas pontuais, para demonstração de conceitos de EDO, EDP e sysML visando o estabelecimento de relação destes com o projeto escolhido pelos estudantes. Ao todo foram 4 práticas pontuais e objetivas (8 pontos/pts cada). Em seguida, houve 2 semanas trabalhando o tema ética (inclusive em engenharia de sistemas), com atividade prática em grupo (8 pts).

O restante da disciplina foi voltado para o desenvolvimento do projeto, dividido em etapas, com cronograma definido e artefatos interligados - documento de requisitos, um diagrama sysML, uma apresentação do projeto - produzidos e entregues pelos grupos em etapas. Os pontos foram distribuídos pelos docentes em cada etapa. Ao final do semestre, cada grupo apresentou o projeto desenvolvido, independente da etapa alcançada. Ainda não ocorreu, mas os docentes concebem que, mesmo que mais de um grupo venha a escolher temas similares, como o conjunto de decisões na condução do projeto é elevado, prevê-se que os resultados obtidos por cada

grupo serão sempre diferentes. Neste ambiente não são previstas provas no modelo tradicional.

### 2.3 Avaliação da proposta pelos estudantes

Dentre o conjunto de itens que os docentes apresentaram aos estudantes para avaliação deles do processo de realização da disciplina, aqui, a seguir, serão destacadas, em síntese, algumas das (sintetizadas) respostas dadas à questão *do que, para cada estudante, mais despertou atenção na disciplina e/ou críticas*.

- “A possibilidade de colocar a ‘mão na massa’ e oportunidades de investigação do problema. (...) Nem tudo conseguimos do que nos propomos, mas deu pra ver a dificuldade que é. Mesmo conhecendo o assunto, na hora que outro exemplo aparece, **não é pura aplicação da teoria**. A gente tem que ver como fazer.”
- “No (LPj) 1, como a gente queria avançar na definição dos requisitos, a gente colocava só aqueles mais fundamentais e já achava suficiente. **Agora a gente vê mais sentido**. Vê a necessidade de se trabalhar na especificação dos requisitos.”
- “Para mim foi a **disciplina mais prática que eu tive no curso**, que se aproxima da realidade (...) tanto na parte de trabalhar em grupo, quanto na parte de trabalhar em cima do problema mesmo. Nos outros laboratórios é mais definido antes a resposta certa. **Aqui, vi que não tem uma resposta certa. Tem um campo de possibilidades e a gente trabalha aí.**”
- “Ao ter de fazer o projeto, quando a gente se depara com a situação, **vê que estudou, mas nem tudo ficou**. Quer dizer, pensa que aprendeu mas não aprendeu. E aqui se **teve a chance de pegar de novo**. Eu entendi que, quando a gente está estudando em disciplinas teóricas, fica tão focado em aprender uma sequência, um ponto, que não consegue ver, no conjunto, aquilo que vai ser útil. Nesta disciplina (LPj2), que tinha um projeto a propor, a gente começa a ligar as coisas.”
- “Eu nem sei se entra como um aspecto negativo, mas o que eu tive mais dificuldades foi ter de saber coisas de disciplinas que eu ainda não cursei. Com isto, eu senti um pouco falta destes conteúdos, mas também pensei que isto é bom porque **você começa por sua conta a estudar o assunto**. Eu já tive experiência semelhante. Quando fiz iniciação científica, eu via coisas que só depois eu fui estudar nas disciplinas. **Gerou dificuldades, mas pode ser interessante.**”



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No LPj 2 - fase de modelagem -, os estudantes em pequenos grupos, conduzidos por dois docentes, tiveram que configurar um projeto interdisciplinar sem precedentes. Para avaliação final, foi considerado a realização, ao longo do semestre, pelos estudantes, de ações propostas pelos docentes - como entrega de especificação de requisitos, resolução de TPs, apresentação periódica de configuração do projeto escolhido pelo grupo. Os dados aqui coletados resultam de conversa entre os docentes e os estudantes no último dia de encontro, após apresentação dos grupos dos trabalhos realizados no decorrer do semestre.

Um dos aspectos que orientou os docentes na condução da disciplina foi o entendimento de que, para realizar o projeto, existem disciplinas que, dentro da grade curricular, serão cursadas depois deste período que os estudantes estão. Assim, o que se esperou foi que os estudantes alcançassem um ponto máximo para cada um possível, contando com o acompanhamento atento dos docentes. Também, os docentes entendem que, com tal experiência, os estudantes, a partir de então, podem conviver com referência de protótipo em mente. Fato que contribui para ampliação da capacidade deles de articulação dos conteúdos estudados e práticas vividas (podendo melhor prever modelos para trabalhar com tal problema). Finalmente, os docentes esperam que, ao cursarem tal disciplina, esses tomem como hábito a proposição da pergunta: *como o que eles estiverem aprendendo poderá ser de utilidade?*

Quanto à escolha, pelos docentes, nesta disciplina, de *problemas sem solução* prévia, avalia-se como decisão em sintonia com o atual contexto sociocultural, político, econômico, caracterizado pela ampliação do acesso e usufruto de novas tecnologias, bens e serviços, mas também gerador de novas e mais complexas disparidades entre indivíduos, empresas e organizações, regiões, países e blocos. Algo que vem exigir de todos maior capacidade de resposta a desafios sem precedentes. Nessa perspectiva, a oportunidade aberta em tal ambiente escolar de apropriação e/ou entendimento dos conteúdos já estudados, assim como articulação entre estes e outros ainda por estudar no curso, poderá contribuir decisivamente para que os estudantes aprimorem a capacidade de expressão de suas ideias e entendimentos e de inovação na área. Aprimoramento de habilidades para atuação propositiva, responsável no mundo do trabalho, na vida na cidade.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. da M. & SILVA, L. A. Interação entre ciência e tecnologia no Brasil: notas sobre a relação entre P&D industrial e a importância das universidades para as empresas. Cedeplar, UFMG, 2005. Disponível em: <http://ideas.repec.org/p/cdp/texdis/td253.html>. Acesso em: 21 de outubro de 2012.

ALBUQUERQUE, E. M. Catching up no século XXI: construção combinada de sistemas de inovação e de bem-estar social. In: SICSÚ, J., MIRANDA, P. (Org.). Crescimento econômico: estratégias e instituições. Rio de Janeiro: IPEA, , v. , p. 55-83, 2009.

DAGNINO, R. Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico. Campinas, Editora da UNICAMP, 2008.

GUÉRIN, F. et al. Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.

LIMA, F P A.. Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho. Belo Horizonte (N.A.), 2011.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências. Revista IEC. Porto Alegre, v.7, n.3, 2002. Disponível: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>. Aces: 25 mai. 2012.

MOURTOS, N. et al.. Open-ended problem solving skills in thermal-fluids engineering. Global Journal of Egg Education, UICEE, 2004.

NETO, O. M. et. al. Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG. In: ANAIS do 39 COBENGE, 2011.

PACHECO, C. A. A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. In: IEDI. 16 jul., 2010.

SANTOS, E. P. et. al. Laboratórios de projetos da engenharia de sistemas da UFMG: aprender em novo contexto. In: ANAIS do LXI COBENGE: Educação em Engenharia na era do conhecimento, Gramado: UFRGS, 2013

VEER, R. & VALSINER, J. Vygotsky, uma síntese. Tradução Cecília C. Bartalotti. São Paulo: Loyola, 1996.

## **INTERDISCIPLINARY FORMATION COURSE IN ENGINEERING SYSTEMS UFMG: ATTENTION TO NOT KNOW**

### **Abstract:**

In order to promote the social and economical advance in Brazil, to beyond the red queen effect, it is required a better articulation between innovation systems and processes of catching up. Engineers can contribute by means of: continuous improvement of products and production processes; production management; activities of scientific and technological innovation in public and private organizations. The growing need for this professional is limited by the academic formation and new methodological strategies should be tested. The use and resolution of open-ended problems has brought positive effects. Students get more involved in their studies and are able to improve their capacity of dealing with new situations, which seem frequent in their work field. In this paper, as a report of an experience, we intend to present data about the configuration and implementation of the Systems Engineering undergraduate program, specifically the project laboratories of this program. With interdisciplinary didactic approach, this paper aims at indicating how students, at the end of the term, in the first semester of 2013, have evaluated the teachers' proposal, specially the use of open-ended problems. Therefore, we report the students' evaluation about the experience that intended to innovate in the methodology of engineering education.

**Keywords:** Undergraduate in Systems Engineering at UFMG, Laboratory projects, Complex systems, Open-ended problem