

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: ALGUMAS IDÉIAS E A SEMENTE PARA UM PROJETO POSSÍVEL

Marcus F. Giorgetti^a

RESUMO

Este trabalho sintetiza o material apresentado pelo autor na mesa-redonda “Educação em Engenharia”, ocorrida no *workshop* “Educação e Inovação em Engenharia”, organizado pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), realizado na Universidade Federal de São Carlos, em junho de 2006. Discute-se a heterogeneidade do ensino superior no Brasil, em particular nos cursos de engenharia, com exemplos de experiências pessoais do autor no amplo espectro institucional representado pelas IES nas quais tem atuado como docente. A apresentação é concluída com a sugestão de um projeto de grande fôlego destinado à construção de pedagogia e metodologia mais adequadas para grande parte do universo educacional superior brasileiro, em particular para a educação em engenharia.

Palavras-chave: Educação em engenharia, ensino de engenharia, heterogeneidade institucional, heterogeneidade pedagógica, pedagogia, metodologia.

ABSTRACT

This paper synthesizes the presentation given by the author at the workshop “Engineering Education”, in the workshop “Education and Innovation in Engineering”, organized by ABENGE – Brazilian Association of Engineering Education, at the Federal University of São Carlos – UFSCar, in June 2006. The point for discussion was the heterogeneity of higher education in Brazil, particularly in engineering education, with examples taken from the personal experience of the author in the broad institutional spectrum represented by the schools for which he has worked. The presentation is concluded with the suggestion of a broad project aimed at the development of a more adequate pedagogy and methodology for a large portion of the Brazilian higher education sector, in particular for Engineering Education.

Key-words: Engineering education, institutional heterogeneity, pedagogical heterogeneity, pedagogy, methodology.

INTRODUÇÃO

Este trabalho sintetiza o material apresentado pelo autor durante a mesa-redonda “Educação em Engenharia”, ocorrida no *workshop* “Educação e Inovação em Engenharia”, organizado pela ABENGE e realizado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em junho de 2006.

O evento, promovido conjuntamente pelo Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da UFSCar e pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), teve como subtema “Modelos e Estratégias para os Novos Desafios”. A mesa-redonda

foi dividida entre o professor Dr. Mário Neto Borges, da UFSJ e a Dra. Nidia Pavan Kuri, do Cetepe –EESC - USP, e foi moderada pelo professor Dr. Fernando Manuel Araújo Moreira, do DF – UFSCar.

No livro *A profissão acadêmica no Brasil*, (BALBACHEVSKI, 1999), a autora, professora Elizabeth Balbachevsky, comenta que o principal objetivo de seu trabalho foi retratar a heterogeneidade de nosso sistema de ensino superior e investigar as raízes e conseqüências dessa diversidade, retrato construído a partir do estudo dos professores das diferentes instituições que compõem esse sistema. Diz a professora Balbachevsky:

^a Professor Colaborador, Escola de Engenharia de São Carlos – USP; Professor Titular, EEP – Escola de Engenharia de Piracicaba; Diretor Presidente, P³E – Produtos, Processos e Projetos Educacionais ME. Rua São Sebastião, 739; 13561-207 - São Carlos - SP, fone: (16) 9782-8827. E-mail: marciusg@sc.usp.br.

O resultado de nossa análise mostra que nosso ensino superior não é apenas heterogêneo na qualidade do que oferece. A principal fonte de sua diversidade decorre do fato de que as organizações que o constituem perseguem objetivos díspares e, para apenas uma minoria delas, os valores associados ao modelo da Universidade de Pesquisa norte-americana, alma mater da reforma de 68, fazem sentido. Forçar as demais a se enquadrarem nesse molde apenas aumenta o grau de hipocrisia e artificialidade do sistema, mas não melhora o seu desempenho real.

Mais à frente a professora Balbachevsky acrescenta:

A principal conclusão, do ponto de vista político, do nosso trabalho é o reconhecimento de que a melhoria da qualidade desse sistema só será alcançada quando o Estado brasileiro desistir da pretensão de impor um modelo único para todo o sistema e aceitar que a busca da qualidade deve respeitar os diferenciais de recursos, potencialidades e vocação de cada instituição. A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e, mais recentemente, a proposta do Plano Nacional de Educação, apresentada pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC), no final de 1997, avançam nesse sentido, embora suas propostas ainda sejam tolhidas pela visão centralizadora dominante nos órgãos públicos responsáveis pelo ensino superior no Brasil.

O SISTEMA UNIVERSITÁRIO OFICIAL

A partir da reforma de 1968, o sistema universitário oficial estruturou-se – ou tentou se estruturar – segundo o modelo das universidades de pesquisa norte-americanas. Nesse processo, a atividade de pós-graduação ganhou grande prevalência sobre a de graduação. Juntamente com as inegáveis vantagens trazidas por essa reforma, foram importadas também algumas desvantagens para a educação do engenheiro.

O artigo “Engineering Education 2001” (1987) contém uma ampla avaliação dos cursos de engenharia do Technion Institute, de Haifa, Israel (o Technion Report). Apresenta-se nele uma excelente análise sobre a evolução curricular nos cursos de graduação de engenharia nas últimas décadas, inspirada no desenvolvimento correspondente da pós-graduação.

Identifica-se ali (e justifica-se) a onda de “cientificação” das matérias e disciplinas dos cursos de graduação de engenharia, com o surgimento, crescimento e consolidação das chamadas “Ciências da Engenharia”. Comentam-se a conseqüente (e natural, nessas condições) adoção do método científico, baseado principalmente em atividades analíticas, lógico-dedutivas, e a infeliz marginalização dos procedimentos de síntese (projeto) nas atividades curriculares.

Não se deve esquecer, no entanto, que o ato de projetar é, principalmente, uma ação de síntese; é

uma ação ligada à reunião física e/ou conceitual de “partes” e à criação de valor em função dessa própria construção.

No Brasil, esse mesmo fenômeno aconteceu nas escolas de engenharia, tanto em IESs oficiais, que foram as primeiras a sentir, intramuros, a influência da pós-graduação, quanto no sistema privado, diante da leitura inapropriada do estímulo oficial pró-titulação, nem sempre acompanhada da necessária qualificação apropriada para o exercício da docência.

Uma autocrítica interessante feita nos Estados Unidos por uma comissão de líderes educacionais, coordenada pelo eminente professor Ernest L. Boyer, pode ser útil também aqui para um número significativo de instituições comprometidas com o modelo de universidade de pesquisa.

Esse relatório, conhecido como “Boyer Report” (Reinventing undergraduate education: a blueprint for America’s Research Universities, 1998), parte de uma pergunta bastante agressiva antes de oferecer as suas recomendações: “As instituições de ensino e pesquisa estão enganando os seus estudantes?”

A conclusão, embora rebatida por alguns críticos, foi que as universidades de pesquisa frequentemente dedicam atenção insuficiente ao ensino de graduação, concentrando-se principalmente na pesquisa e nos programas de pós-graduação.

O relatório “Reinventando a educação de graduação: um projeto para as universidades de pesquisa dos Estados Unidos” incentiva as universidades de pesquisa a instituírem um novo modelo educacional, que tire proveito dos imensos recursos dos programas de pós-graduação e pesquisa para estruturar experiências de aprendizagem ativa para os estudantes de graduação.

O relatório, escrito por um painel de onze eminentes educadores, instituído em 1995 pela Fundação Carnegie para o Avanço do Ensino e pela Universidade do Estado de New York, em Stony Brook, critica a qualidade do ensino nas universidades de pesquisa. Afirma-se nele que “alguns docentes são alunos-assistentes mal treinados, ou mesmo sem treino algum, que estão andando às cegas na trilha das técnicas pedagógicas”, e descreve outros como “[...] monótonos docentes estáveis que repassam suas aulas a partir de anotações amarelecidas pelo tempo, não fazendo qualquer esforço para engajar as mentes entediadas dos estudantes sentados à sua frente”.

Estudantes de graduação poderiam ser mais bem servidos, afirma o relatório, se as universidades de pesquisa os integrassem em suas atividades, por exemplo, envolvendo-os nas pesquisas e adotando como estratégia a aprendizagem baseada no questionamento.

Embora reconhecendo que universidades têm passado por algumas mudanças positivas, o relató-

rio afirma que, “na maior parte, mudanças fundamentais têm sido evitadas; universidades têm optado pela cirurgia cosmética, removendo uma pinta aqui, uma ruga ali, quando o que se exige é uma total reconstrução”.

RECOMENDAÇÕES DO RELATÓRIO BOYER PARA AS UNIVERSIDADES DE PESQUISA

O relatório da Comissão Boyer, “Reinventando a educação de graduação: um projeto para as universidades de pesquisa dos Estados Unidos”, recomenda que as universidades de pesquisa adotem as dez práticas seguintes:

1. Adote como padrão a aprendizagem baseada na investigação

Há quase um século, o educador John Dewey proclamava que a aprendizagem deveria ser baseada na (re)descoberta, guiada por um mentor, ao invés de na transmissão da informação. As universidades de pesquisa deveriam estruturar dessa forma o ensino de graduação. Existe um fator de reciprocidade na aprendizagem baseada no questionamento: professores aprendem com os estudantes, assim como estudantes aprendem com os professores.

2. Construa um primeiro ano baseado no questionamento

Os estudantes muitas vezes acham o primeiro ano particularmente insatisfatório em termos de conceitos, currículo e pedagogia. O primeiro ano de uma experiência universitária deveria, no entanto, fornecer um novo estímulo para o crescimento intelectual e uma base firme para a aprendizagem, baseada na inquirição, e para a comunicação de informações e de idéias.

3. Edifique sobre a fundação desse primeiro ano

A educação numa universidade de pesquisa deve ser caracterizada globalmente pela aprendizagem baseada no questionamento, pelas experiências em colaboração e pela comunicação escrita e oral. Depois do primeiro ano, os estudantes que ingressam numa universidade de pesquisa precisam ser integrados gentilmente nessa atmosfera especial.

4. Remova as barreiras à educação interdisciplinar

As universidades de pesquisa precisam remover barreiras e criar mecanismos que incentivem o aumento da educação interdisciplinar na graduação.

5. Associe habilidades de comunicação às atividades do curso

O currículo de graduação deve promover o desenvolvimento de fortes habilidades de comunicação nos estudantes, de modo que os graduados sejam proficientes tanto na comunicação escrita quanto na oral.

6. Use a tecnologia da informação de forma criativa

Como as universidades de pesquisa criam inovações tecnológicas, seus estudantes deveriam dispor das melhores oportunidades para aprender o estado da arte e para formular questões que contribuíssem para avançar a fronteira das aplicações da tecnologia.

7. Inclua uma experiência de síntese

O(s) semestre(s) final(is) deve(m) priorizar um projeto de grande porte, que exija dos estudantes o uso das habilidades de pesquisa e comunicação desenvolvidas nos semestres anteriores.

8. Treine os estudantes de pós-graduação como aprendizes de docência

As universidades de pesquisa precisam redesenhar a educação de pós-graduação para incluir a preparação dos estudantes para o ensino de graduação, além das outras habilidades profissionais.

9. Altere o sistema de promoção do corpo docente

As universidades de pesquisa precisam criar sistemas de promoção do corpo docente baseados em padrões altos tanto no ensino quanto na pesquisa.

10. Cultive um senso de comunidade

As universidades de pesquisa devem cultivar a comunidade de aprendizes. As universidades de grande porte devem buscar caminhos para estimular os estudantes a desenvolverem comunidades menores inseridas no grande todo, com as quais se identifiquem.

O sistema universitário oficial brasileiro poderia se beneficiar muito se adotasse algumas dessas sugestões. A minoria dos estudantes que nele ingressam, resultante de uma dura e ferrenha seleção, chega com nível intelectual bastante elevado, relativamente, e poderia responder de forma muito positiva a estímulos como os preconizados pelo Boyer Report.

AS ESCOLAS MENORES, OS CURSOS NOTURNOS

Na maioria das escolas do sistema privado, no entanto, a situação é bem diferente. Os alunos ingressantes não enfrentam um exame vestibular extremamente seletivo na admissão; nas escolas com cursos noturnos, os novos alunos, que em geral trabalham durante o dia, têm idade média mais elevada, terminaram um fraco ensino médio ou supletivo há bastante tempo e não fizeram “cursinho”. Portanto, têm forte deficiência no manejo das matérias básicas, particularmente da matemática.

Expostos já no início a um ensino tradicional, focalizado na ministração de aulas para o cumprimento de programas e cronogramas, combinado com a falta de base e de tempo para estudar, esses estudantes podem ser levados fácil e rapidamente à conclusão de que o desafio é grande demais para eles. Como consequência, observam-se taxas elevadas de desistência, de fato ou de espírito.

Essa forma de ensinar que os estudantes encontram em muitas das escolas menores tem sido transposta para estas desde o sistema universitário oficial, sem muita crítica ou coordenação, pelos egressos desse sistema, mestres ou doutores, titulados e preparados para a pesquisa, mas raramente treinados convenientemente para o exercício consciente e crítico da docência.

No caso dos cursos de engenharia, essas escolas menores e os cursos noturnos já representam 85% do total. O que fazer para melhorar a sua eficácia?

OUTRAS BARREIRAS: O DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

Wankat e Oreovics (1993) discutem no capítulo 14 de sua obra, *Teaching Engineering*, os modelos de desenvolvimento cognitivo de Piaget e Perry.

Sobre o modelo de Piaget, reformam o desenvolvimento intelectual de crianças e apresentam os quatro períodos ou fases clássicos deste desenvolvimento (segundo Piaget):

- 1: sensório-motor: do nascimento até aproximadamente dois anos de idade;
- 2: pré-operatório: dos dois aos sete anos de idade, aproximadamente;
- 3: operatório concreto: que se inicia em torno dos sete anos de idade;
- 4: operatório formal: que tem início entre os 11 e 12 anos de idade.

Na fase 4 começa-se a raciocinar lógica e sistematicamente, sendo possível o engajamento em raciocínios abstratos.

Mas Wankat e Oreovics complementam com a seguinte crítica:

Piaget estava convencido de que o período operatório concreto terminava aos 11 ou 12 anos de idade. Mas há hoje considerável evidência de que estas idades são, na verdade, limites inferiores para a ocorrência dessa transição, e que muitos adultos permanecem no estágio operatório concreto durante a vida toda. Estimativas recentes revelam que entre 30 e 60 por cento dos adultos se encontram no estágio operatório concreto (Pintrich, 1990). Assim, não é surpresa encontrar muitos calouros universitários com o desenvolvimento intelectual no estágio operatório concreto. Nas carreiras de engenharia esses números são mais baixos, provavelmente inferiores a 10 por cento (Pavelich, 1984).

Calouros nas grandes universidades brasileiras, em face das diferenças já apontadas, provavelmente já atingiram, em sua maioria, o desejável estágio operatório formal. Podem, portanto, nos cursos de engenharia, ser expostos ao ensino formal das ciências básicas, não necessariamente contextualizado em função das aplicações tecnológicas futuras, sem que isso cause grandes problemas para eles.

Entretanto, nas escolas menores, esse mesmo tipo de abordagem pode gerar enormes dificuldades, pois é provável que os alunos ingressantes ainda se encontrem, majoritariamente, no estágio operatório concreto. Isso significa que não devem ou não podem se tornar engenheiros?

Uma outra rica lição tirada do trabalho de avaliação feito em Israel, o *Technion Report*, está no seu pressuposto de que o desenvolvimento de um país exige engenheiros com os mais diversos perfis, desde engenheiros de chão-de-fábrica, consumidores e aplicadores de normas e procedimentos técnicos, até os engenheiros líderes na pesquisa e desenvolvimento, assim como nas atividades de gestão e administração. Ou seja, tanto os estudantes ingressantes nas grandes escolas quanto nas escolas menores podem, perfeitamente, se transformar em engenheiros úteis para a sociedade, como bem o tem demonstrado o segmento educacional existente, qualquer que venham a ser o perfil e o potencial do estudante no momento da graduação.

Para haver, nas escolas menores, um aumento nos índices de retenção dos alunos, assim como, em decorrência, um aumento da eficácia educacional, é preciso trabalhar-se convenientemente com o material humano que as procura, oferecendo-lhe soluções educacionais adequadas, não uma reprodução acrítica do modelo pedagógico oficial, possivelmente adequado para as grandes escolas.

CAMINHOS ALTERNATIVOS

Além do potencial complicador das diferenças de desenvolvimento cognitivo entre alunos das escolas maiores e das escolas menores, há outros fatores a considerar.

Por exemplo, estudantes de cursos noturnos que trabalham durante o dia todo têm muito pouco tempo para estudar fora da escola. Portanto, não adianta apenas dar aula com o objetivo de esgotar todo o programa, com a esperança de que os alunos estudarão em casa. É preciso que as atividades sejam dimensionadas e distribuídas de forma compatível. O tempo de contato em sala de aula precisaria, idealmente, ser usado como um ato educacional completo, compreendendo motivação, conexão com o material didático estudado anteriormente, exposição à nova informação, construção do conhecimento, exercício no uso do conhecimento construído e conclusão.

Para isso os programas precisam ser dimensionados (e/ou abordados) de forma adequada. Uma estratégia que venho usando com bastante sucesso nos cursos que tenho coordenado, mesmo com o uso de ementas e programas tradicionais, é a seguinte. Estimulo os docentes a refletirem sobre cada disciplina que lecionam, identificando o que do programa é essencial e o que é cultural ou complementar. Normalmente, o resultado é do seguinte tipo: 30 a 35% do conteúdo são considerados essenciais. Minha sugestão: gaste 65 a 70% do tempo com a parte essencial do conteúdo e 30 a 35% do tempo com a parte complementar.

Outro ponto interessante pode ser encontrado nos estudos dos estilos de aprendizagem. No artigo "Learning and teaching styles in engineering education", os autores, professor Richard M. Felder e a Doutora Linda K. Silverman (1988), discutem as dimensões dos estilos de aprendizagem e incluem o dualismo indutivo/dedutivo para definir "[...] com que forma de organização da informação o estudante se sente mais confortável: indutiva – fatos e observações são apresentados, princípios gerais são inferidos; ou, dedutiva – princípios são apresentados, conseqüências e aplicações são deduzidas?"

Posteriormente, em 2002, Felder rediscutiria o tema a partir de outras observações, críticas e constatações, chegando à conclusão de que o par indutivo/dedutivo deveria ser suprimido da coleção de dimensões que descrevem as preferências na aprendizagem. Embora em trabalhos anteriores Felder afirmasse que a maioria dos estudantes de engenharia preferia a abordagem indutiva no ensino, suas conclusões mais recentes têm sido um pouco diferentes. Estas novas conclusões foram apresentadas por Felder em junho de 2002, como um novo "prefácio" para o artigo original publicado em 1988. Esse material complementar está disponibilizado na internet (FELDER, 2002).

No entanto, se a análise fosse feita com uma população de estudantes de uma escola menor (com uma percentagem significativa ainda no estágio operatório concreto?), a conclusão poderia ser outra. Há

evidências de que a melhor estratégia de ensino para a maioria dos estudantes de engenharia no Brasil é, primeiro, uma abordagem indutiva, seguida, quando adequado, de uma reconstrução dedutiva.

Não obstante essas posições recentes do professor Felder, ele continua um estudioso e ardoroso divulgador do uso de abordagens indutivas no ensino de engenharia. Isso se comprova no artigo recente "Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases", escrito em parceria com o professor Michael Prince, da Universidade de Bucknell, e publicado em abril de 2006 no *Journal of Engineering Education* (FELDER; PRICE, 2006).

Nesse artigo, diferentes alternativas para o uso da abordagem indutiva são descritas, discutidas e avaliadas. São elas: a aprendizagem pelo questionamento (*inquiry learning*), a aprendizagem baseada em problemas (*problem based learning – PBL*), a aprendizagem baseada em projeto e o hibridismo aprendizagem baseada em problema/projeto (*problem/project based learning*), o ensino baseado em casos (*case-based teaching*), a aprendizagem pelo descobrimento (*discovery learning*) e o ensino "Just-in-Time" (*just-in-time teaching*).

Muitas dessas alternativas parecem ser adequadas para a utilização tanto nas escolas menores quanto nas grandes universidades. Uma aproximação pedagógica mais eficaz entre o ensino de laboratório e o ensino dito teórico seria um claro benefício a se conseguir com a adoção de estratégias indutivas de ensino-aprendizagem.

CONCLUSÃO

O autor está convencido de que é possível se conseguir uma enorme melhoria na qualidade da aprendizagem nos cursos menores de engenharia do país, mas acha que, para tanto, seria necessário um grande investimento no desenvolvimento de materiais didáticos apropriados, pedagogia apropriada e metodologias apropriadas.

Paralelamente, os programas de pós-graduação precisariam participar dessa ação diagnóstica e de produção para se preparar para a incorporação do treinamento adequado dos futuros docentes, a maioria deles destinada às escolas com cursos menores. O benefício seria incalculável, pois viria a atingir, com o potencial aumento de eficácia educacional, 85% dos estudantes do país.

Para as escolas maiores, ligadas a instituições de pós-graduação e pesquisa, uma ação norteada pelo *Boyer Report* poderia, da mesma forma, produzir aumentos significativos na eficácia do processo educativo.

Se este assunto for convenientemente debatido nos foros especializados, como a ABENGE e o CO-

BENGE, assim como nos órgãos especializados do MEC, como a SESu, o Inep e a Capes, e na ABMES e no CONFEA, por indicação e encaminhamento da ABENGE, poderá, depois de adequadamente enriquecido, servir de base doutrinária para um futuro novo REENGE, o importante projeto, denominado tão adequadamente Reengenharia do Ensino de Engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBACHEVSKY, E. *A profissão acadêmica no Brasil – as múltiplas facetas do nosso sistema de ensino superior*. Brasília: Funadesp, 1999.

BOYER, E. L. Scholarship reconsidered: priorities of the professoriate. *Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*, Oct. 1997.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.

_____. Engineering education. The Samuel Neaman Institute - Technion Report. *Engineering Education*, v. 78, n. 2, p. 105-123, Nov. 1987.

FELDER, R. M. Learning and reaching styles in engineering education. Author's Preface, June 2002, www.ncsu.edu/felder-public/Papers/LS-1988.pdf. Acesso em: 2 jun. 2006.

_____. Reinventing undergraduate education: a blueprint for America's Research Universities. Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, 53 p. SONY, 1998, <http://naples.cc.sunysb.edu/Pres/boyer.nsf>.

PAVELICH, M. J. Integrating Piaget's principles of intellectual growth into the engineering classroom. In: ANNUAL CONFERENCE, ASEE Washington, DC, *Proceedings*, p. 719-722, 1984.

PINTRICH, P. R. Implications of psychological research on student learning and college teaching for teacher education. In: HOUSTON, W. R. et al. (Ed.). *Handbook on Research on Teacher Education*. New York: MacMillan, 1990. p. 926-957.

PRINCE, M. J.; FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. *Engr. Education*, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006.

WANKAT, P. C.; OREOVICS, F. S. *Teaching engineering*. New York: McGraw-Hill, 1993.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR



Marcius F. Giorgetti

Professor Titular na USP – São Carlos, aposentado em 1993. Desde então é professor colaborador de pós-graduação no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (USP). Professor e implantador das novas disciplinas Modelagem Matemática de Processos Ambientais e Modelagem Matemática em Fenômenos de Transporte na EEP - Escola de Engenharia de Piracicaba. Diretor presidente da empresa P³E – Produtos, Processos e Projetos Educacionais ME.