

abenge

volume 20 - número 1

ISSN 0101-5001

agosto de 2001

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

- 1 EDUCAÇÃO CONTINUADA E À DISTÂNCIA EM ENGENHARIA
Ari Antonio da Rocha & Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto
- 9 EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CONTEXTUALIZADA, FERRAMENTA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL BRASILEIRO
Ciliana Regina Colombo & Walter Antonio Bazzo
- 17 USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
Romildo Pereira Brito, Luís Gonzaga Sales Vasconcelos & Vicemário Simões
- 25 OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM SERVIÇOS DE COLETA SELETIVA: O USO DA INFORMÁTICA NO APRENDIZADO ATIVO E COLABORATIVO
Bruno Milanez & Viviana M. Zanta Baldochi
- 29 ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO CIVIL E SOCIEDADE
Eduardo Krüger
- 35 O PAPEL DA LIDERANÇA ENTRE OS ASPECTOS DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO UNIVERSITÁRIA
Marcelos Silva de Oliveira & José Joaquim do Amaral Ferreira
- 43 PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA PUC-CAMPINAS DIANTE DAS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES
Orlando Prado Fernandes Filho
- 51 FLEXIBILIDADE CURRICULAR: UMA MATRIZ DE SOLUÇÃO
João Carlos Pinheiro Beck, Nilson Valega Fernandes & Renato Molina da Silva
- 57 O ENSINO E A AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS HIDROLÓGICAS USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO
José Nilson B. Campos & Ticiano Marinho de Carvalho Studart

Associação Brasileira de Ensino de Engenharia



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENSINO DE ENGENHARIA**

Presidente

Pedro Lopes de Queirós, UFRN

Vice-Presidente

Maria José Gazzi Salum, UFMG

Vice-Presidente

José Alberto dos Reis Parise, PUC-Rio

Diretor-Secretário

Nilza Luiza Venturine Zampiere, UFSM

Diretor-Financeiro

João Sérgio Cordeiro, UFSCar

**REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA
PUBLICAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE ENSINO DE
ENGENHARIA**

Vol. 20, nº1, agosto de 2001

ISSN 0101-5001

Editor

Benedito Guimarães Aguiar Neto, UFPB

Conselho Editorial

Arquimedes Diogenes Ciloni, UFU

Benedito Antonio Luciano, UFPB

Cícero Onofre de Andrade Neto, UFRN

Enilson Medeiros dos Santos, UFRN

Henrique Ludovice, CONFEA

Ivan Rocha Neto, UCB

João Bosco Laudares, CEFET/MG

José Alberto dos Reis Parise, PUC-Rio

José Marques Póvoa, UFSCar

Luis Valcov Loureiro, CAPES

Luiz Antônio de Moraes, IME

Marcus F. Giorgetti, USP

Marcos da Silveira, PUC-Rio

Maria José Gazzi Salum, UFMG

Mário de Souza Araujo, UFPB

Sandoval Carneiro Júnior, UFRJ

Waldimir Pirró e Longo, UFF

Walter Antônio Bazzo, UFSC

Design gráfico

Uchôa Design

Editoração Eletrônica

Walter Luiz Oliveira do Vale

Impressão

Natal Gráfica

INFORMAÇÕES GERAIS

A Revista de Ensino de Engenharia é uma publicação semestral da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, destinada à divulgação de trabalhos abordando aspectos didático-pedagógicos, científicos, tecnológicos, profissionais, políticos e administrativos concernentes à educação em engenharia.

Os assuntos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade dos seus autores. A menção eventual de marcas ou produtos comerciais não significa recomendação da revista.

GENERAL INFORMATION

Revista de Ensino de Engenharia is published every semester by the Brazilian Association of Engineering Education and is devoted to the dissemination of articles on education. It is concerned with various aspects of education, including pedagogical, scientific, technological, professional, political and administrative issues.

The articles published in this Journal are the sole responsibility of their authors. Mention, on an eventual basis, of brands and products does not indicate any form of endorsement by the Journal.

**Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ABENGE**

Av. W-3 Norte Quadra 516

70770-515 Brasília - DF

Fone: (0xx61) 347.0773 Fax: (0xx61) 272.2661

abenge@tba.com.br

Revista de Ensino de Engenharia

Envio de trabalhos para o endereço:

rabenge@cct.ufpb.br

Tiragem

2.000 exemplares

Distribuição

Enviada a todos os associados da ABENGE e demais órgãos vinculados ao Ensino de Engenharia.

REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

- Ari Antonio da Rocha & Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto **1** EDUCAÇÃO CONTINUADA E À DISTÂNCIA EM ENGENHARIA
- Ciliana Regina Colombo & Walter Antonio Bazzo **9** EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CONTEXTUALIZADA, FERRAMENTA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL BRASILEIRO
- Romildo Pereira Brito, Luís Gonzaga Sales Vasconcelos & Vicemário Simões **17** USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
- Bruno Milanez & Viviana M. Zanta Baldochi **25** OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM SERVIÇOS DE COLETA SELETIVA: O USO DA INFORMÁTICA NO APRENDIZADO ATIVO E COLABORATIVO
- Eduardo Krüger **29** ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO CIVIL E SOCIEDADE
- Marcelo Silva de Oliveira & José Joaquim do Amaral Ferreira **35** O PAPEL DA LIDERANÇA ENTRE OS ASPECTOS DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO UNIVERSITÁRIA
- Orlando Prado Fernandes Filho **43** PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA PUC-CAMPINAS DIANTES DAS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES
- João Carlos Pinheiro Beck, Nilson Valega Fernandes & Renato Molina da Silva **51** FLEXIBILIDADE CURRICULAR: UMA MATRIZ DE SOLUÇÃO
- José Nilson B. Campos & Ticiane Marinho de Carvalho Studart **57** O ENSINO E A AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS HIDROLÓGICAS USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO
-

EDUCAÇÃO CONTINUADA E À DISTÂNCIA EM ENGENHARIA

Ari Antonio da Rocha¹ & Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto²

RESUMO

País em desenvolvimento de dimensões continentais, o Brasil precisa incentivar o crescimento econômico e a competitividade das empresas locais. Torna-se indispensável apoiar a criação de programas de educação continuada em engenharia e tecnologia, usando soluções inovadoras como ensino à distância (mídia eletrônica e Internet). Programas como o 'Engenheiro 2001' e 'Projeto E' (USP), assim como 'Engenheiro Empreendedor' (UFSC), que foram transmitidos 'via satélite' para tele-salas em todo o país, são considerados como referenciais pioneiros. A Educação Continuada e à Distância cresce rapidamente: empresas/organizações precisam estar preparadas para expandir suas ramificações em nível nacional e internacional, com o uso deste tipo de instrumentos, para ampliar ganhos.

Palavras-chave: Educação Continuada, Ensino à Distância, Educação em Engenharia

ABSTRACT

Brazil, a territory reaching nearly continental dimensions, is a developing country where the need to increase economic growth and industrial competitiveness is enormous. It is essential to propose and support continuous education programs on engineering and technology and use innovative solutions to qualify and recycle personnel, as distance learning and web education. We consider as pioneer references the programs 'Engenheiro 2001' and 'Projeto E' (USP) and 'Engenheiro Empreendedor' (UFSC), which consisted in interactive video-conferences, broadcasted live by the Brazilian communications satellite, transmitted to universities and institutions, in 'video-rooms', installed throughout the country. Continuous and Distance Education is growing rapidly: enterprises/organizations must be prepared to expand upon national and international networks, with the use of these types of instruments, to increase profit.

Keywords: Continuous Education, Distance Learning, Engineering Education

INTRODUÇÃO

Desde o final do século XX, o mundo experimenta uma mudança de paradigmas. Na denominada 'Era do Conhecimento', estamos vivenciando uma transição em que antigos símbolos de riqueza, de muitos séculos, como a propriedade da terra (anterior à Idade Média) ou a posse dos meios de produção (a partir da Revolução Industrial), rapidamente cederam lugar a um novo referencial: o conhecimento.

Em consequência, assiste-se à tentativa de implantar ações que visam a revalorização da educação e do treinamento, principalmente como responsabilidade que, hoje, vai muito além dos estreitos limites dos bancos escolares.

De acordo com De Meis (1994), "a velocidade de produção de novos conhecimentos cria, continuamente,

novas perspectivas de produção lucrativa para o setor industrial. Em consequência, requer-se uma força de trabalho preparada tecnicamente e com capacidade de aprender, continuamente, ao longo de toda a sua vida profissional".

De fato, todos setores da sociedade já demonstram compreensão de sua importância, para enfrentar o ambiente altamente competitivo que se instalou em escala mundial. Não surpreende que empresários, mesmo de setores tradicionais, reafirmem as vantagens de um sistema eficiente de educação e treinamento, defendendo a promoção não de um choque econômico (ou cambial), mas a necessidade que o país tem hoje de um 'choque de educação'.

A esse propósito, Ramos (1992) afirma que as nações desenvolvidas, ou em processo de desenvolvimento, que enfrentam problemas educacionais, como a grave situação

¹ PhD, Consultor nas áreas de Design e EaD. Rua Indiana, 343, CEP 04562-000, São Paulo, SP. Fone/Fax: (11) 5542-4704. E-mail: ari@digicom.br

² PhD, Professor de Pós-Graduação da Escola Politécnica da USP, da Universidade Paulista - Unip e das Faculdades Tancredo Neves. Rua Alves Guimarães, 408 - CJ 104, CEP 05410-000, São Paulo, SP. Fone: (11) 3064-6502. E-mail: politeleia@uol.com.br

que vem sendo identificada em nosso país, sobretudo no que se refere ao ensino fundamental, podem ser consideradas “nações em risco”.

A administração pública em geral, mas em especial as universidades, enfrentam hoje grandes dificuldades, não só por problemas decorrentes das mudanças que vêm sendo implementadas, mas ainda pela desmotivação, redução da produtividade, dificuldades na implantação de sistemas eficientes de gerenciamento e controle, bem como na perda de seus melhores e mais qualificados quadros.

Cria-se uma contradição interna: o discurso reafirma a importância da educação, mas ações e políticas governamentais colocam em risco sua qualidade e até a existência da escola pública, exatamente a que atende aos mais carentes. Para a sobrevivência do país, num mundo de economia globalizada, é urgente ampliar investimentos no setor, pois nos países adiantados os avanços da tecnologia prosseguem em ritmo acelerado e, se não formos capazes de produzir os conhecimentos (e as tecnologias apropriadas) necessários ao desenvolvimento, estaremos comprometendo, muito mais que nossa economia, a própria soberania nacional.

Esse crescimento da competitividade obriga os países a promoverem uma urgente modernização de todas suas antigas estruturas, principalmente a educacional, repentinamente percebidas como obsoletas.

Técnicas de planejamento estratégico permitem antever alguns ‘cenários’ para melhor atender as atuais demandas, mas em todos eles a educação, sobretudo a tecnológica, desempenha um papel fundamental.

Áreas como engenharias, administração e outras com forte aplicação em P&D, contribuem de maneira decisiva, não só para a produção de bens, mas para reduzir a dependência cultural e econômica, em relação a países mais desenvolvidos.

De acordo com Bonsiepe (1983), “o mundo está dividido em dois grupos: produtores e consumidores de tecnologia. Os países centrais mantêm sua liderança, usando sistematicamente uma estratégia muito poderosa, chamada inovação tecnológica”, associada à constante melhoria dos métodos de gestão.

Visando promover o desenvolvimento autônomo e sustentável, as universidades, principais responsáveis pelo ensino tecnológico, devem preparar-se para enfrentar desafios, promover mudanças e, sempre que possível, adotar instrumentos de intercâmbio em nível nacional e internacional. Esse tipo de ação visa a maior interação do setor acadêmico com as empresas e a comunidade, mas sem negligenciar as relações e ativação de atividades conjuntas com outras instituições similares (universidades e centros de pesquisas), do Brasil e do exterior, de modo a ampliar sua capacitação interna, e a qualificação da comunidade acadêmica.

Uma das formas mais eficientes para alcançar esse tipo de objetivo tem sido estimular professores, alunos e corpo técnico, a desenvolver atividades empreendedoras e a criatividade, adotando novas idéias onde haja expressiva aplicação tecnológica.

EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

O Brasil tem uma história relativamente rica e pouco conhecida de experiências no campo da educação à distância e, em particular, no seu uso para a educação continuada. Seu marco inicial talvez se situe em 1923, quando a Rádio Sociedade, do Rio de Janeiro, iniciou a educação pelo rádio em nosso país. Os conhecidos Instituto Técnico Monitor e Instituto Universal Brasileiro, que se valeram do ensino por correspondência e mantêm larga atuação, foram criados, respectivamente, em 1939 e 1941. Em 1943, a Igreja Adventista Brasileira lançou cursos bíblicos por correspondência. Em 1946, surgiu a Universidade do Ar, do SENAC. Mais recentemente, em 1969, foi criada a TV Educativa do Maranhão, que atingiu 42.000 alunos em 32 municípios.

Essas referências dão idéia de como muitas iniciativas isoladas proliferaram em nosso país, ao longo de décadas. Entretanto, o uso mais intenso de novas tecnologias para o oferecimento de educação à distância só se verificou a partir dos anos noventa. De fato, em 1995 pode-se citar três referências importantes: o lançamento do Telecurso 2000, iniciativa de porte nacional em parceria da FIESP/Fundação Roberto Marinho, a criação do Programa de Educação Continuada à Distância da Fundação Vanzolini, de certa forma pioneiro na USP, e a criação da ABED – Associação Brasileira de Educação a Distância, cuja criação comprova o crescente interesse pela questão no meio educacional. Paralelamente, foram realizadas experiências pela Universidade Nacional de Brasília e pela Universidade Federal de Santa Catarina, primeira no uso da videoconferência para cursos de mestrado à distância.

Por sua vez, Maia (2001) registra um conjunto de instituições que oferecem cursos à distância em nossos dias. Essa relação não pretende ser completa, pois baseada na manifestação espontânea dos citados. Por ela, pode-se ver que a prática, em maior ou menor grau, seja na graduação, na pós-graduação ou na extensão universitária, a educação à distância no Brasil está razoavelmente disseminada, baseada, sobretudo, em cursos desenvolvidos via Internet.

Há que citar, também, o afluxo de universidades estrangeiras: Open University, da Inglaterra; National Technological University, norte-americana; Universidad Nacional de Educación a Distancia, da Espanha, dentre várias outras, que, individualmente ou em parceria com instituições brasileiras, estão penetrando em nosso mercado educacional. É, inclusive, nossa opinião que essa ação só não ocorreu de forma mais incisiva pelo fato de falarmos português, e não inglês ou espanhol.

NOVOS FOCOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

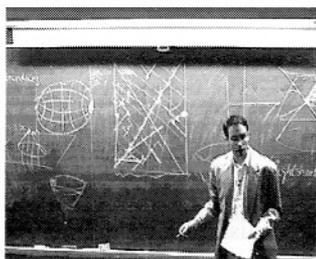
A valorização do conhecimento como novo paradigma da sociedade, aproximou Universidade e setor produtivo como nunca ocorreu, desde 1086, quando foi fundada a Universidade de Bolonha e, com ela, um conceito de

instituição que evoluiu de forma contínua até os dias presentes. Pode-se considerar que as transformações do mundo atual, incluído o processo de rápidas mudanças predominante, resultam do trabalho e pesquisa desenvolvidos no ambiente acadêmico.

Realmente, a Universidade foi capaz de promover as grandes transformações do mundo que conhecemos atualmente, mas reluta em realizar mudanças em sua própria estrutura. Esse tipo de resistência ao avanço faz com que ela se aproxime do modelo que predominou ao longo do Século XIX, contrariando a tendência da sociedade, que já assumiu novos paradigmas.

É indispensável que inicie um processo de renovação, para melhor se adequar aos novos tempos, modernizando sua estrutura burocrática predominante, hoje voltada à ansiosa busca de validação em tradições do passado. Somente desse modo poderá manter-se contemporânea de seu próprio tempo e seguir na trajetória de atualização que permitiu sua sobrevivência até os dias atuais.

Richard Larson (1999), diretor do CAES - Centro para Serviços Educacionais Avançados do MIT, certamente a mais conceituada instituição de ensino tecnológico na atualidade, afirma que nos quase 30 mil anos que separam as pinturas das cavernas do professor com giz e quadro negro, o mais importante avanço da humanidade nesse campo foi “a invenção do apagador...”



Podemos até especular, imaginando que se nossos antepassados tivessem a possibilidade de retornar, o único ambiente familiar que conseguiriam encontrar seria uma sala de aula.

De fato, o mundo sofreu mudanças tão profundas, que mais que 80% do que hoje constitui nossa ‘cultura material’ não existia ao final da II Guerra, em 1945. De Brochard (1991) reafirma a previsão de sociólogos, de que “50% dos produtos que formarão nosso universo nos próximos 10 anos, ainda não foram inventados”, condição que permanece válida e constitui-se num importante desafio que, para o avanço do país, precisa ser transformado em oportunidades de trabalho, principalmente para categorias ligadas à área tecnológica, como a Engenharia.

Bazzo (1999), que vem desenvolvendo importante trabalho sobre o referencial básico para a ‘construção do conhecimento’, entende que “nossas escolas são excelentes, estão no mesmo nível - muitas vezes acima - das escolas em todo o mundo. Precisamos apenas desenvolver a questão pedagógica. É preciso incomodar, desestabilizar, provocar e motivar o aluno,

para que desenvolva a curiosidade, a iniciativa, o senso crítico e a criatividade.”

Para que esse conjunto de condições possa de fato ocorrer, no entanto, será indispensável estarmos preparados, contando com profissionais de alta qualificação. Caso contrário, no atual cenário de economia globalizada e nações agrupadas em torno de blocos econômicos, os espaços que não conseguirmos preencher serão ocupados por profissionais oriundos de outros países.

A Educação Continuada e a Legislação

De acordo com a LDB (Lei 9.394/96), em seu Art. 43, a educação superior tem por finalidade:

- I - estimular a criação cultural e desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo;*
- II - formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua; (...)*
- V - suscitar o desejo permanente de aperfeiçoamento cultural e profissional e possibilitar sua concretização, integrando os conhecimentos adquiridos numa estrutura intelectual sistematizadora do conhecimento de cada geração;*

O Novo Perfil do Profissional de Engenharia

Rocha (2000), constata que “no futuro só os mais qualificados terão oportunidade: os que forem capazes de aprender a aprender depois do diploma”. De fato, nossos engenheiros precisam se conscientizar de que a velocidade das mudanças promove rápida obsolescência do conhecimento tecnológico, gerando a necessidade de se transformarem em aprendizes vitalícios. A escola deverá, assim, transcender os limites da academia, ampliando a necessidade de educação para toda a vida profissional.

Como afirma Pirró e Longo (1999), “as complexas demandas da sociedade moderna são atendidas por tecnologias crescentemente resultantes da aplicação de conhecimentos científicos. (...) Indivíduos produtivos que não se atualizarem permanentemente poderão tornar-se, subitamente, ‘analfabetos tecnológicos’, ou seja, tornarem-se inabilitados para os postos de trabalho originalmente ocupados ou outros que tenham sido criados requerendo, normalmente, maior qualificação que os anteriores”.

O trabalho de alta qualificação é responsável por agregar alto valor. Essa condição aproxima profissionais dos referenciais preconizados pelos novos modelos de gestão.

Cada vez mais se faz necessário adotar uma postura de aprendizagem voltada ao conhecimento global (humanístico), que, de acordo com Nicolescu (1996), pode favorecer a formação de cidadãos mais atuantes, aptos a desenvolver novas habilidades e capacidades, tais como:

- aprender a aprender
- aprender a fazer
- aprender a conviver
- aprender a ser.

São competências indispensáveis para transformar os desafios do nosso tempo em oportunidades. Esse processo contínuo de aprendizagem exigirá ainda novos referenciais de relacionamento interpessoal, onde assumem grande importância o apoio na escola, na família e no ambiente profissional, de modo a permitir, ao pessoal da área tecnológica, a assimilação da capacidade de conceituar problemas e soluções. Habert (1998) reafirma que isso deverá ocorrer, através da utilização de aptidões básicas como abstração, raciocínio sistêmico, experimentação e colaboração.

Este tipo de abordagem constituiu, inclusive, o referencial básico do discurso de Bill Clinton (1998), quando presidente dos Estados Unidos da América, ao proferir a Aula Magna no MIT, quando, ao referir-se às ameaças de perder o esforço de modernização do país, afirmou: “é preciso ter certeza de que as conexões em todo o mundo não serão desperdiçadas porque nossas crianças não tenham as habilidades que serão exigidas no Século XXI”³.

Acompanhando as transformações da sociedade, será preciso mudar o sistema de gestão da educação tradicional, no sentido de uma nova cultura baseada em tecnologias interativas, que têm como foco a autonomia da aprendizagem e a atitude pró-ativa. Estudos de teoria da aprendizagem de Piaget (1996) ou Vigotsky (1997), já preconizavam um deslocamento do referencial da educação do ensino para a aprendizagem, dando suporte às teorias sobre ‘Inteligência Coletiva’ de Levy (1994). No início da década de 60, o canadense McLuhan (1964), criador da expressão ‘global village’ (aldeia global) foi incisivo ao afirmar: “acontecerá uma verdadeira ‘revolução’ no que concerne aos papéis de aluno e professor”.

Hoje já existe a consciência de que será indispensável garantir as condições para que o egresso (principalmente quando vinculado à empresa) possa dispor de seu tempo de aprendizagem, o que pode ser facilitado com a utilização de mídia eletrônica e Internet.

CONTRIBUIÇÃO DA ECAD

No artigo “O Aluno Vitalício”, Costa Neto (1998) tece considerações sobre a atual realidade globalizada, na qual as informações e o conhecimento fluem com grande rapidez, obrigando os profissionais a submeter-se a um permanente processo de atualização, sob pena de se tornarem despreparados para as exigências do mercado de trabalho. O diploma conquistado na academia perde, cada vez mais rapidamente, a sua importância como atestado de conhecimento e competência. O bom profissional, em qualquer campo do saber, vê-se forçado a um processo de aperfeiçoamento contínuo, a um *lifelong learning*, como bem definido em língua inglesa.

³ “...is to make sure that all the connection in the world don't go to waste because our children don't actually have 21th century skills”.

Surge, portanto, uma extraordinária necessidade de oferta de cursos de educação continuada, para atender à atualização permanente de milhares de profissionais. Só na área de telecomunicações, por exemplo, onde os avanços tecnológicos se dão com grande rapidez, estima-se que há necessidade de treinar, de imediato, 170.000 pessoas. Universidades e instituições afins, evidentemente, se desdobram no sentido de atender a essa crescente demanda, que representa, ademais, uma extraordinária fonte de recursos.

Há, entretanto, barreiras impedindo que esses fornecedores de cursos de extensão e aperfeiçoamento possam atingir a potencialidade desse enorme e ávido mercado, tais como:

- limitação da capacidade de expansão física dos cursos dados presencialmente;
- limitações geográficas, impossibilitando o deslocamento de potenciais alunos localizados em regiões distantes;
- limitações de ordem temporal, ditadas por horários de trabalho e dificuldades de deslocamento nas grandes metrópoles;
- dificuldade de expansão dos corpos docentes sem perda de qualidade didática.

Essas dificuldades, dentre outras, tornam praticamente impossível atender à demanda existente, com a velocidade que se requer, com base apenas no ensino tradicional. Uma solução eficaz, que atenda, em curto prazo, às necessidades dos profissionais, das empresas, do governo e do país, é o que se demanda no momento presente.

Entretanto, se, por um lado, parece claro que a solução para essa questão reside na adoção, em larga escala e de forma organizada, forma da educação à distância para suprir as necessidades da educação continuada, não está ainda claro como isso poderá ser feito de eficaz. De fato, sem citar nomes, temos visto muito esforço ser despendido, muito investimento ser realizado, muitas tecnologias serem invocadas, sem que os resultados efetivamente conseguidos sejam os desejados. Isto talvez ocorra devido ao fascínio que certas soluções exerçam sobre os educadores, levando-os a se lançarem à ação sem uma devida introspecção preliminar. Nossa própria experiência envolve tentativas que, por motivos vários, não corresponderam à expectativa.

Há também a se considerar resistências e contrafacções por parte daqueles que não acreditam na eficácia da educação à distância, ou sentem que possam ser prejudicados pela sua adoção. Isto é natural e ocorre sempre que alguma novidade revolucionária esteja em cogitação.

PROPOSTAS

Observa-se que as principais ações visando implementar a educação à distância com o uso de novas tecnologias em nosso país está centrado em duas vertentes principais: Internet e mediante o uso da videoconferência. Por videoconferência entendemos o sistema que remete a imagem de vídeo em todas as direções envolvidas, o que é

possibilitado pela presença de câmeras para captar a imagem em todos os ambientes. É o sistema que permite, portanto, a mais plena interatividade sonora e visual entre todos os participantes.



Na interface de convergência desses dois sistemas já existe uma tecnologia chamada “streaming de vídeo”, que possivelmente esteja operacional em futuro próximo.

O desenvolvimento de cursos via Internet é bastante generalizado, devido à facilidade de acesso, à existência de vários *softwares* de apoio no mercado (Universite, Learning Space, Aulanet, WebCT, etc.), à proliferação de especialistas em programação HTML e outras, ao crescimento do número de internautas, etc.

O ensino pela Internet é o mais capilar possível, no sentido de que atinge o aluno no seu microcomputador, onde ele esteja, sendo, ademais, assíncrono, isto é, o conhecimento disponibilizado na rede pode ser acessado a qualquer momento. A interatividade se dá mediante procedimentos (síncronos) de *chat*, ou pelo apoio de tutoria remota. Para mais informações, ver Costa Neto (2000).

A videoconferência envolve o uso de equipamentos relativamente caros, de operação especializada, exigindo a presença dos alunos na sala de aula em horários determinados, sendo, pois, síncrona. Sua principal limitação, a nosso ver, está na inviabilidade de expansão (a mais do que 4 ou 5) da rede de pontos remotos, sob pena de perder a sua principal vantagem, a plena interatividade visual.



Sua melhor utilização cremos que seja em cursos de pós-graduação, que se valham da realização de seminários/apresentações pelos alunos, quando todos poderão apreciar as atuações dos demais participantes, nelas intervindo sempre que necessário.

Estas duas mídias são as que têm sido privilegiadas no Brasil pelas instituições que se dedicam, de uma forma ou de outra, à educação à distância.

Muitas universidades têm programas de desenvolvimento de atividades na Internet, seja para disponibilizar cursos abertos, de extensão universitária ou mesmo de graduação (Maia, 2000), seja para apoiar os seus próprios cursos tradicionais. Estão surgindo, também, grandes portais na Internet, que buscam incluir o oferecimento de cursos à distância nas suas linhas de produtos.

Já os cursos por videoconferência têm sido utilizados por universidades, destacando-se como pioneira a Universidade Federal de Santa Catarina. Há também atividades de videoconferência na Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Paraná, Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas, Instituto de Tecnologia do Paraná e, certamente, em diversos outros locais.

A videoconferência vem sendo também bastante usada em grandes empresas para a realização de tele-reuniões, com considerável economia de tempo e de despesas com deslocamento de pessoal.

Fica, entretanto, uma indagação: como atender demandas de grande porte, bem como uma ainda grande quantidade de possíveis treinandos não afeitos ou não satisfeitos com o uso da Internet? Esta é, sem dúvida, uma realidade presente em nosso país, que deve ser avaliada convenientemente.

Há também o mercado empresarial, crescente e importante. De fato, cada vez mais grandes empresas criam suas “universidades corporativas”, buscando resolver o problema da educação continuada dos seus colaboradores.

Uma terceira possibilidade, praticamente inexplorada no país, poderá representar uma resposta eficaz a essas questões. Trata-se da teleconferência interativa, na qual se incorpora à teleconferência tradicional, com base na transmissão por satélite, uma combinação de *hardware* e *software* que permite aos alunos interagirem instantaneamente com o professor, em seu estúdio, facilitando a avaliação permanente e sistemática do aprendizado, assim como o acompanhamento ‘*pari passu*’ do processo de compreensão dos assuntos.

Não nos deteremos em maiores detalhes sobre as mídias neste artigo. Ao invés, apresentamos a Tabela 1, na qual as características do três sistemas mencionados são cotejadas. Estamos trabalhando no sentido de que a terceira proposta mencionada possa se concretizar, oferecendo uma nova alternativa que, acreditamos, poderá superar as demais em diversas situações.

CONCLUSÕES

No presente artigo, apresentamos uma contextualização do cenário atual da educação tecnológica em nosso país,

Tabela 1. Comparação entre propostas de EAD

Aspectos	Mídia	Internet	Videoconferência	Teleconferência Interativa
Investimento	Baixo		Médio	Alto
Rentabilidade	Baixa		Discutível	Alta
Economia de escala	Média		Baixa	Alta
Tempo de implementação	Médio		Médio/Alto	Pequeno
Agregação de conteúdo	Trabalhosa		Relativamente complexa	Simple
Interatividade	Mediante e-mail e chat		Visual	Mediante hardware e software
Abrangência	Média		Pequena	Grande
Aplicabilidade	Geral		Pós-graduação, tele-reuniões	Extensão, cursos abertos
Amigabilidade	Específica a internautas		Média	Grande
Capilaridade	Grande		Pequena	Média
Principal veículo	Web		Linha telefônica de banda larga	Satélite
Uso no Brasil	Generalizado		Universidades e grandes empresas	Incipiente

oferecendo uma visão panorâmica do estado da arte e da trajetória da educação à distância no Brasil, tendo como pano de fundo a sua importância para suprir as deficiências recentemente identificadas, no atendimento de diversas necessidades, sobretudo da área de educação continuada.

Esta necessidade é particularmente acentuada no campo das Engenharias, por sua natureza técnica, onde o surgimento de novos conceitos e metodologias é permanente e acelerado.

Um breve referencial conceitual permite melhor entendimento desta nova modalidade de ensino, que utiliza a mídia eletrônica e a Internet como veículos para a democratização da difusão dos conhecimentos. Criam-se, assim, oportunidades inusitadas para que países/regiões menos desenvolvidos possam reduzir os desequilíbrios, transformando desafios em oportunidades.

Favorece ainda a compreensão do quadro comparativo entre as duas modalidades mais praticadas e uma terceira, de custos contidos e com elevado grau de interatividade, que poderá suprir grande parte das lacunas ainda existentes.

Esta outra modalidade, em particular, deverá assumir progressivamente um grande interesse para empresas e organizações que já tenham identificado a importância de se ramificarem por muitas partes do território nacional, pois uma de suas importantes características é o alto ganho em termos de economia de escala.

Acreditamos que a educação à distância deverá ter um desenvolvimento marcante em nosso país nos próximos anos, após o que poderemos avaliar melhor os aspectos abordados neste artigo, procedendo aos necessários ajustes, com base nas novas evidências que estarão disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZZO, W. Renovação pedagógica na engenharia e a formação dos formadores dos engenheiros. In: Teleconferência 'Engenheiro 2001', segundo ciclo, Fundação Vanzolini - USP, São Paulo, 04/11/99.
- BONSIEPE, G. Tecnologia da Tecnologia, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1983.
- CLINTON, W. In: Clinton advocates technology literacy and access, MIT TechTalk, Boston, 1998.
- COSTA NETO, P.L.O. Sobre conceitos e tecnologias, <www.fundacentro.gov.br/ecsst>, São Paulo, 2001.
- COSTA NETO, P.L.O. O Aluno Vitalício. In: DCI - Diário do Comércio e Indústria, São Paulo, 16/07/98.
- DE BROCHARD, J.P. A Miragem do Futuro, Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1991
- DE MEIS, L. Os cientistas e as implicações da distribuição de ciência e recursos humanos no planeta, Ciência e Tecnologia. In: Alicerces para o Desenvolvimento, São Paulo, Edição do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Brasília, 1994.
- HABERT, A. "Educação continuada a distância no desenvolvimento profissional de engenheiros", in: Dissertação de Mestrado apresentada na Escola Politécnica da USP - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- LARSON, R. As novas realidades e os desafios da educação tecnológica superior; in: Programa de Teleconferências Engenheiro 2001, Fundação Vanzolini - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 28/10/99.
- LEVY, P. L'intelligence collective - Pour une anthropologie du cyberspace. Éditions La Découverte, Paris, 1994.
- MAIA, C. Guia brasileiro de educação à distância 2000/2001, Editora Esfera, São Paulo, 2001
- McLUHAN, M. Understanding Media: the extensions of man, MIT Press, Boston, 1964.
- NICOLESCU, B. La Transdisciplinarité - Manifeste, Éditions du Rocher, Paris, 1996; tradução: Editora Triom, São Paulo, 1999.
- PIAGET, J. La psychologie des enfants, Dunod, Paris, 1966.
- PIRRÓ E LONGO, W. O Ensino na Rede Virtual, in: Jornal do Brasil, Rio de Janeiro, 04/07/99.
- RAMOS, C. Excelência na educação: a escola da qualidade total. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1992.
- ROCHA, A.A. Ensino à Distância: início de uma revolução educacional, in: Jornal Tribuna do Norte, Natal, 30/10/01
- YVOTSKY, L. Educational Psychology, CRC Press, New York, NY, 1997.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES**Ari Antonio da Rocha**

Arquiteto (USP, 1964), Designer (1968), Mestre (Itália, 1966), Doutor (USP, 1973) e Pós-Doutorados na Espanha e Brasil. Foi professor de Graduação e Pós-graduação (USP, PUCCamp, FAAP, Brás Cubas e UFRN). Trabalha como Consultor nas áreas de Educação à Distância, Arquitetura e Design. Foi Vice-Presidente da Academia de Ciências – RN (1991 - 1999), Secretário Regional da SBPC – RN (1992 - 1996) e membro do Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia – RN (1995 - 1999). É Assessor Técnico da Presidência da ABENGE, Coordena a Comissão Nacional de Educação do IAB – Instituto de Arquitetos do Brasil e Representa a Cátedra Gaudí/UPC – Universidade Politécnic da Catalunha, Barcelona, para o Brasil.

**Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto**

Engenheiro Aeronáutico (ITA, 1962), Mestre (Stanford, 1975) e Doutor em Engenharia (USP, 1980). Professor de Pós-graduação da Universidade Paulista – UNIP e das Faculdades Tancredo Neves. Trabalha como Consultor na área de Educação à Distância. Foi professor de Graduação (Escola Politécnic da USP, UNICAMP, FGV-SP e Escola de Engenharia Mauá), Diretor Adjunto da fundação SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados (1983 - 1987), Presidente da ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção (1987 - 1991) e Presidente da Fundação Vanzolini–USP (1992 - 1997). Juiz do Prêmio Nacional da Qualidade (desde 1992), recebeu o Prêmio Acadêmico da Qualidade Banas (1999).

EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CONTEXTUALIZADA, FERRAMENTA ESSENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO SOCIAL BRASILEIRO

Ciliana Regina Colombo¹ & Walter Antonio Bazzo²

RESUMO

O presente artigo traz uma reflexão sobre as interferências da tecnologia no desenvolvimento do ser humano, em especial da sociedade brasileira, cuja proposta de modernização segue um caminho pautado no desenvolvimento tecnológico. Esta proposta, seguida muitas vezes a risca pelos governantes é, no entanto, desprovida de reflexão, incluindo, em muitos casos, a absorção de tecnologia estrangeira sem qualquer adaptação contextual, aumentando mais e mais a exclusão e a desigualdade social de nosso país. Na perspectiva de mudança desse quadro, este estudo faz um apanhado das alternativas apresentadas por autores nacionais e estrangeiros, que aprofundam o tema Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que pode ser uma variante na compreensão deste fenômeno. Através destas muitas alternativas, algumas delas ainda desconhecidas, ou pouco trabalhadas nos meios acadêmicos, tal proposta preocupa-se em apresentar uma perspectiva de trabalho em educação tecnológica, com o intuito de levar a sociedade brasileira a uma participação mais efetiva no desenvolvimento tecnológico associado ao desenvolvimento social do país.

Palavras-Chave: Educação tecnológica; ciência, tecnologia e sociedade; desenvolvimento tecnológico e social

ABSTRACT

This paper is a reflection about the interference of technology on the development of the human being, specially in the Brazilian society, whose proposal of modernisation follows a route based on technological development. This proposal has been followed precisely over the years by the government, but, however, without reflection, including, in many cases, the absorption of foreign technology without contextual adaptation, increasing more and more the social exclusion and inequality of our country. In the expectation of changes in this state of affairs, this work study puts together alternatives presented by national and foreign authors, who delve deeper into the topic of science, technology and society (STS), which could be a way to understand this problem better. Through these many alternatives, some of which are still unknown or little looked at academically speaking, this proposal dedicates itself in presenting work perspectives in technological education, with the intention of helping Brazilian society to participate more effectively in the technological development associated with the social development of the country.

Keywords: Technological education; science, technology and society; technological and social development

TECNOLOGIA: UMA REFLEXÃO SOBRE SUAS INTERFERÊNCIAS

A tecnologia é hoje parte inerente da vida do ser humano de modo que não conseguimos nos ver separados dela. Muitas vezes concebemos a nós mesmos como complexas máquinas físico-químicas com um cérebro, que pode ser comparado a um potente e complicado computador. Porém devemos estar

alerta quanto a reduzirmo-nos a um simples objeto da técnica, ou vincular a realização de nossos sonhos e a resposta a nossas angústias aos avanços tecnológicos.

Na nossa ânsia para alcançar o progresso tecnológico, não levamos em conta suas implicações sociais relacionadas aos hábitos, percepções, conceitos, limites morais, políticos e individuais. Passamos por cima de algumas questões de suma importância tais como a fome mundial, a degradação

¹ Professora, Mestre, Curso de Engenharia Civil – UNOESC – Joaçaba, Rua Esteves Júnior, 545/B/503, CEP 88015-530, Florianópolis, SC. Fone: (48) 223-3797. E-mail: ciliana@eps.ufsc.br

² Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Universitário, Trindade, CEP 88010-970, Florianópolis, SC. E-mail: wbazzo@emc.ufsc.br

do meio ambiente, as armas nucleares que ameaçam destruir toda a vida do planeta e, mais forte que nunca, a manipulação genética.

Estes são alguns dos aspectos que nos levam a perceber a premência de refletirmos sobre a utilização da ciência e da tecnologia, para podermos realizar escolhas tendo como referências os valores 'humanos'. Enquanto pertencentes a um país dependente, que faz uso de tecnologias transferidas sem uma adequação à realidade nacional, intensifica-se, em nós, essa necessidade.

Assim sendo, desencadeamos reflexões sobre as interferências da tecnologia no desenvolvimento da sociedade brasileira buscando possibilidades de socialização de seus resultados, sejam eles positivos ou negativos. Com a visão de que o desenvolvimento tecnológico leva-nos diretamente ao desenvolvimento social fomos progressivamente vinculando o desenvolvimento humano aos avanços tecnológicos deixando de considerar os desvios que ocorrem. Cegamo-nos às diversas implicações negativas desse processo de desenvolvimento passando a perceber apenas o que de positivo prometem trazer os avanços tecnológicos.

Um interessante problema de nossos tempos é que estivemos adormecidos voluntariamente através do processo de reconstrução das condições da existência humana, não percebendo que o desenvolvimento tecnológico não favorece a satisfação das expectativas no tocante às necessidades humanas, ao contrário, o padrão consiste em ajustar as necessidades humanas ao que a ciência e a tecnologia produzem.

No final da década de 60 e início de 70 as idéias e pressuposições, até então irrestritamente favoráveis aos benefícios sociais decorrentes do desenvolvimento tecnológico, começaram a ser questionados nos países desenvolvidos como reação aos reflexos negativos da tecnologia sobre a natureza. (Acosta-Hoyos; Guerrero, 1985). Hoje estes questionamentos, cremos, em função da avalanche tecnológica de nossos dias, estão se tornando mais intensos.

No Brasil, estamos começando a nos questionar acerca disso tudo, e a refletir sobre algumas questões mais emergentes, que vem sendo discutidas em nível mundial.

Como estamos vivendo agora? Como pretendemos viver? O imenso poder científico e técnico, produzirá um mundo genuinamente superior ao que tínhamos antes; ou permaneceremos estagnados diante de uma acumulação de renovações descuidadas e desordenadas que destróem mais que melhoram? Por que a ciência e a tecnologia não têm tido sucesso em solucionar o problema mais humano de todos: a qualidade de vida? Como nosso país está tratando os impactos oriundos da tecnologia na sociedade?

Ainda que reflexões como estas aflorem em alguns segmentos da sociedade, grande parte da população, que vive nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, permanece enraizada no determinismo tecnológico, vaga num profundo sonambulismo, e considera a tecnologia neutra destituída de valores como uma espécie de crença sem questionamentos. As reflexões e análises, que raramente ocorrem, em geral, baseiam-se na inadequação da tecnologia,

ao invés de analisar as questões sociais e políticas que envolvem tanto a escolha quanto a incorporação das mesmas.

Não se trata de ver a tecnologia apenas como negativa e de prescindir da mesma, mas sim de discutir a validade de tomá-la como algo absoluto, de compreender que não existe neutralidade nas inovações tecnológicas, que elas podem ser utilizadas para o bem e para o mal, a favor ou contra o homem.

Essas afirmações são corroboradas por Winner (1987, p. 42), quando diz que toda descoberta é preparada de antemão para favorecer certos interesses sociais e algumas pessoas inevitavelmente recebem mais que outras.

Cientes disso, os cientistas precisam preocupar-se com a aplicação dada a suas descobertas e teorias; devem manter-se alerta para a utilização que será dada a elas, pois é evidente que as tecnologias podem ser utilizadas de maneira a aumentar o poder, a autoridade, o privilégio de uns sobre os outros. Nesta direção Sanmartín (1990, p. 62) afirma que mais além dos projetos, teoricamente incorporados por uma tecnologia, que a fazem apropriada para uma ou outra forma de vida, estão as redes reais de interesses sociais às quais a tecnologia em questão já nasce ligada.

Zarth et al. (1998, p. 35-36), destaca que a "tecnologia é o instrumento mais adequado para se impor uma dominação e controle sobre a natureza e sobre a sociedade" e que o progresso tecnológico, de certo modo, se constitui em estratégia do desenvolvimento capitalista, não necessariamente vinculada às necessidades básicas da população; tornando-se "um fator ideológico pelo fato de irradiar a idéia de que ele representa o caminho do bem estar social para todos os segmentos sociais".

Entendemos que o foco do problema não está na inexorabilidade do progresso tecnológico, mas sim na orientação e determinação de prioridades que os governos dos mais diferentes países do mundo têm formulado para a tecnologia. Esta não pode ser direcionada para servir de base para promoção dos interesses de poucos. A sua ênfase deve convergir para a promoção humana, expressa em termos da qualidade de vida.

Diante do exposto, cabe a reflexão diretora deste nosso estudo: que influências da tecnologia detectamos em nossas vidas? Algumas afirmações já vem sendo oferecidas, como resposta a esta pergunta, por diversos estudiosos neste campo como podemos ver a seguir:

- A tecnologia levou a um aumento da expectativa de vida, a um mundo interligado/globalizado, e ao acesso à informação de forma veloz.

- Culturalmente, nos foi passada a imagem de que a tecnologia está diretamente associada à civilização e ao progresso, induzindo-nos à adoção de novos padrões sociais.

- A tecnologia é usada para sobrepujar a natureza, submetendo-a a constantes agressões e utilizações indevidas. Tal constatação é reforçada por Winner (1987, p. 103), quando diz que "recursos não renováveis requeridos por gerações futuras são extraídos e rapidamente consumidos confiando em que, de alguma maneira, 'o mercado' produzirá um fornecimento inesgotável".

- A automatização industrial alterou o perfil profissional. Isto exigiu dos trabalhadores a busca por uma atualização constante, gerou a diminuição do emprego estrutural e contribui para a migração ao mercado informal.

- O não acesso às tecnologias, por parte de toda a população acentua a exclusão social, aumentando a desigualdade social. Ou seja, modernidade para poucos e falta de educação, saneamento, habitação, saúde e lazer para muitos.

- A influência dos meios de comunicação na conformação pela introdução de novas tecnologias e na aceitação natural, conformismo levando os seres a pensar que não há outras possibilidades que não se sentar a observar o desenrolar deste processo inevitável.

Tudo isso reforça o que Winner (1987, p.25), traz nesta citação:

“os hábitos, as próprias percepções, os conceitos, as idéias de espaço e tempo, as relações sociais e os limites morais e políticos, individuais, foram poderosamente reestruturados no decorrer do desenvolvimento tecnológico moderno. (...) Produziram-se grandes transformações na estrutura de nosso mundo comum sem levar em conta em que implicavam estas alterações”.

Estes aspectos discutidos acima, mostrando a interferência e a magnificência da tecnologia frente ao desenvolvimento humano, ficam evidenciados através do lema que abria o roteiro da Exposição Universal de Chicago em 1933 (Sanmartín, 1990, p.28): “A ciência descobre, a indústria aplica, o homem se ajusta”, situação que ainda hoje se constata na grande maioria dos casos. O demagógico desse ajustar-se não está no controle pretendido por determinadas sociedades dominantes quando da venda de produtos sob a promessa de que vão conceder um paraíso tecnológico, mas essencialmente na crença da população nesta promessa. Felizmente emergem aqui e acolá reações a essa crença, a esse ajustar-se. Winner (1987) destaca que o crescimento de certas tecnologias tem levado a um reconhecimento de seus limites e que muitas pessoas estão dispostas a considerar a possibilidade de limitá-las, dado que sua aplicação/utilização ameaça a saúde e a segurança pública; ameaça esgotar alguma fonte vital; degrada a qualidade do meio (ar, terra e água); ameaça as espécies naturais e os territórios virgens que devem ser preservados; e causa tensões sociais e esforço exagerado.

No reconhecimento dos limites do progresso tecnológico o que se sobressai é, na verdade, a necessidade de uma ética da tecnologia. Segundo Mitcham (1996) a ética da tecnologia se fundamenta sobre um amplo questionamento moral da tecnologia científica; ela se refere a intenção geral de adaptar a tecnologia como um todo, não somente frente às questões ambientais, nucleares, de armamentos, da biotecnologia, mas incluir questões mais amplas relacionadas à sociedade.

Hoje, para mudar a sociedade, afirma Sanmartín (1990, p.63) não basta, pois, substituir umas tecnologias por outras

(ainda que isso possa ser algo valioso por si). *É necessário mudar a política tecnológica.* O que teria que se fazer é fixar *socialmente* metas e favorecer, logo, as tecnologias que se estime *socialmente* mais oportunas para satisfazê-las.

Isso nos remete à reflexão feita por Pacey (1990) no que tange à tecnologia como algo que proporciona ferramentas independentes dos sistemas de valores locais e que podem utilizar-se imparcialmente em apoio de estilos de vida substancialmente diferentes. Entendemos que esta visão é que proporciona a transferência de tecnologias entre sociedades sem considerar suas especificidades, sem refletir que de algum modo a tecnologia condiciona a sociedade.

Nessa questão cabe bem a situação brasileira, pois o Brasil ao colocar em prática um projeto de desenvolvimento baseado em tecnologia importada, incorporou os modos de produção e também as formas de conhecimento do produtor. Ou seja, transformou nossa sociedade moldando-a à imagem da sociedade que produziu a tecnologia.

Outra questão relativa à interferência da tecnologia na sociedade brasileira está ligada ao poder e controle que dela pode emergir. Quando não há democracia no acesso ao desenvolvimento tecnológico, caminhamos para a diferenciação social, para a exclusão social. Aspectos estes, que dentro da dinâmica de uma sociedade contemporânea são instrumentos de poder e de controle. No Brasil, é o Estado que promove o desenvolvimento da base técnica produtiva, num processo não de igualdade de acesso aos fatores tecnológicos, mas beneficiando os sujeitos sociais com melhores condições técnicas e de capital. Cerca de 95% da população brasileira não tem acesso às tecnologias, e quando tem sofre influências negativas pela não adaptação ao seu contexto.

Os problemas relacionados à tecnologia em determinado contexto social geralmente são resolvidos sem levar em consideração a opinião pública. Por outro lado, a própria população, por falta de informações/conhecimento, se exclui do processo de reflexão acerca das interferências dos avanços tecnológicos na sociedade.

Emerge, desse contexto, a necessidade de uma reflexão moral que investigue e desenvolva temas que incluam: a minimização da desigualdade social, o acesso a informação, o futuro da sociedade, a socialização da tecnologia e do saber científico-tecnológico, visando uma participação de todos nas decisões relativas à tecnologia.

RECORTES DA REALIDADE BRASILEIRA: SUA OPÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

Muitas vezes, na ânsia do progresso científico e tecnológico, não se levam em consideração as implicações sociais relacionadas. Fazem-se opções que desconsideram questões de suma importância para a sociedade e para os seres humanos nela inseridos.

As opções de uma sociedade por um caminho para seu desenvolvimento têm implicações em sua estrutura política, econômica, social e cultural. Certas escolhas podem trazer

prejuízos para a própria classe que decide e se beneficia das decisões.

O resgate do contexto histórico, social, cultural, político e econômico da sociedade brasileira frente à sua opção de desenvolvimento nos mostra que esta vem sofrendo crises em diversas áreas, principalmente na social. Crises estas com origem em decisões, projetos e escolhas feitas no passado, e relativas não apenas aos meios escolhidos, mas também aos fins a que se propunha a sociedade. (Buarque, 1994)

Na busca pelo desenvolvimento rápido e, muitas vezes eleitoreiro, o país não seguiu um processo gradativo de mudanças. Teve a expectativa de um desenvolvimento imediato e desse modo, fez algumas opções, tal como: em poucas décadas sair de uma estrutura basicamente rural, exportadora de produtos agrícolas, para uma estrutura urbana, industrial e exportadora de produtos manufaturados.

Diferente de outros países, que antes da industrialização fizeram uma revolução agrícola, o Brasil, sem modificar sua estrutura agrária, desenvolveu uma economia descomprometida e isolada dos trabalhadores rurais e sem a produtividade para alimentar os trabalhadores urbanos. Segundo Buarque (1994) essa opção foi a responsável por grande parte do desastre que vive a economia e a sociedade brasileira hoje, tendo como conseqüências explosão urbana, violência, inflação, fome, desemprego, desarticulação cultural, instabilidade social, dentre outras.

Além de não realizar a reforma agrária, no processo de industrialização, o país optou por desconsiderar as alternativas nacionais passando a importar técnicas disponíveis no exterior, desprovidas de sintonia com as necessidades da população brasileira e a realidade do país; sem a menor adaptação às características nacionais, longe de qualquer questionamento se esse processo conduziria à superação de nossas próprias carências e ao melhor aproveitamento de nossas potencialidades. “O país preferiu identificar seu projeto nacional com a própria técnica importada, e caminhou para simplesmente imitar as técnicas estrangeiras dos países-com-maioria-rica”. (Buarque, 1994, p.29). Nos parece que, neste aspecto, as escolas que trabalham com a educação tecnológica tiveram contribuição significativa num erro estratégico que até hoje vem nos cobrando um preço muito alto pelas significativas mazelas produzidas na sociedade brasileira. Alguns exemplos onde um direcionamento diferenciado no Ensino Tecnológico teria tido influências decisivas: o Brasil dispunha de carvão vegetal, mas implantou a siderurgia com base no carvão mineral, optou pelo transporte rodoviário abandonando navegação de cabotagem, hidrovias e ferrovias, ou seja, não usou o seu potencial contextualizado e até hoje continua a agravar estes problemas.

O nosso modelo de industrialização seguiu o modelo de absorção das tecnologias estrangeiras e desse modo foi formando sua sociedade de acordo com os moldes que melhor serviam ao seu avanço, em diversas situações irracionais. A importação não se limitou aos métodos de produção, avançou nas necessidades, ou seja, em todas as formas de

conhecimento; ela se deu em nível micro nos métodos de produção, e em nível macro no estilo de sociedade.

A adoção do modelo de industrialização, com absorção de tecnologia externa, levou-nos a um padrão de consumo excludente que afastou do mercado, e da cidadania a maioria da população brasileira, pois este padrão pressupõe o aumento de poder de consumo de uma minoria (rica) e não a incorporação da maioria (pobre).

O sonho da industrialização e da urbanização, nos foi formulado como uma resposta ao atraso, a pobreza. O esforço em alcançá-las seria compensador na medida em que eliminaria essas mazelas (Benjamim *et al.*, 1998). Em função desse sentimento, o país, concentrou esforços e rendas na infra-estrutura econômica a qual permitiria a chegada mais rápida dos avanços, desenvolvendo dessa forma uma modernidade essencialmente técnica sem levar em consideração valores éticos e objetivos sociais. Como não tínhamos recursos para investir tanto na área econômica quanto na social, optou-se pela econômica.

A conseqüência da opção pela infra-estrutura econômica em detrimento da área social foi “um país que chegou a ser a oitava potência econômica do planeta e ao mesmo tempo a penúltima sociedade em educação e saúde, a pior em concentração da renda, e uma das mais sofridas em fome e violência” (Buarque, 1994, p. 56).

A comprovação disso tudo pode ser buscada nestas afirmações que encontramos em Buarque (1994, p. 97-99) que demonstra o que essa modernidade técnica significou para a sociedade brasileira:

- um parque gráfico eficiente tecnicamente, mas uma população com 30% de analfabetos e com apenas 9% concluindo o ensino básico;
- jornais modernos com um número de leitores estagnado;
- uma saúde moderna com transplante de órgãos, ao mesmo tempo que persistem as mais arcaicas doenças endêmicas e uma das maiores taxas de mortalidade infantil no mundo;
- uma televisão colorida e em cadeia nacional, mas sem qualquer compromisso educativo e sob a mais brutal censura de informações e idéias;
- uma indústria automobilística símbolo da modernidade, enquanto 80% da população não recebe um salário suficiente para pagar o ônibus entre a casa e o trabalho;
- uma produção de automóveis com ar condicionado utilizado como *status* ou para isolar os passageiros do indesejado contato com os pedintes, vendedores ambulantes, meninos de rua; e não para controlar o calor;
- uma arquitetura das mais modernas em todo o mundo, mas sem a preocupação em criar casas que sejam acessíveis a um programa habitacional de massas;
- uma agricultura moderna pelo uso de biotecnologia, equipamentos de mecanização e exportação, ao mesmo tempo que o contingente de desnutridos do país é um dos maiores em todo o mundo;
- a possibilidade de alguns comprarem água mineral, mesmo que a maioria da população não tenha água encanada e os poços estejam cheios do vibrião do cólera;

- uma educação moderna com boas universidades e centros de pesquisas, que se concentram em problemas de pouca relação com o aumento da cultura mundial ou com a solução dos problemas nacionais;

- um país com o maior número de corredores na Fórmula Um, e um dos últimos em práticas desportivas e medalhas nas Olimpíadas;

- um país que é o maior produtor de remédios para emagrecimento mas que possui um dos maiores contingentes de esfomeados;

- um país que exporta aviões, automóveis, computadores, tecnologias de construção, que é também o maior exportador de crianças para adoção e, segundo denúncias, para transplante de órgãos.

Percebe-se com tudo isso que, no Brasil, o progresso tecnológico, expresso em termos de investimentos em ciência e tecnologia, se mostrou relativamente eficiente, e no entanto está dissociado da melhoria da qualidade de vida pois está condicionado pelo fato de que a grande maioria do povo permanece excluída dos efeitos da modernização. Os processos atuais que aceleram a modernização de uma parte da sociedade aceleram também – em muito maior escala – a exclusão econômica e o atraso social em todas as suas múltiplas formas, tendo como resultado o aumento da heterogeneidade social e a produção de uma exclusão social. Assim, de forma desigual, em todas as regiões brasileiras, mais urbanas ou mais rurais, estão presentes setores modernos, articulados com mercados globais, ao mesmo tempo que em todas, permanecem marginalizados grandes contingentes populacionais. “Nesse mosaico, modernidade e atraso se misturam, inseparáveis, como faces de um mesmo modelo” (Benjamin *et al.*, p. 82).

Acreditamos que, embora em nosso país o esforço tecnológico esteja divorciado dos aspectos sociais, ainda há possibilidade de integrá-lo ao crescimento social, pois o Brasil, por suas características, não é um país qualquer. O que ocorre é que a população, sem educação para isso, desacostumou-se a refletir sobre si mesmo, acerca de suas necessidades, possibilidades e contribuições tecnológicas para o cenário mundial.

Entendemos, pois, que embora o país tenha feito uma opção equivocada de desenvolvimento, é chegada a hora de dar uma guinada neste processo. Ainda que de forma um pouco lenta o nosso país tem potencial humano e tecnológico para entrar num processo de desenvolvimento real, ou seja, com a inclusão de todos os setores da sociedade. Para tanto se faz necessário buscar uma maior equidade de distribuição de renda e socialização de acesso aos frutos do desenvolvimento e uma educação mais reflexiva. Em especial nas escolas que trabalham a tecnologia. E nessa perspectiva temos que ser pluralistas para incrementar um processo educacional intensivo onde os avanços tecnológicos sejam difundidos, discutidos, assimilados e, e em certas situações, reprocessados internamente e integrados à cultura nacional.

ALTERNATIVAS DE SOCIALIZAÇÃO DA TECNOLOGIA

A interferência da tecnologia na vida do ser humano é incontestável, tanto positiva quanto negativamente. Assim sendo não basta utilizar bem as tecnologias, faz-se necessários recriá-las, assumir a produção e a condução tecnológica de modo a refletir sobre a sua ação em nossas vidas.

Devemos parar e perguntar qual o espaço que o ser humano (em todos as suas dimensões) ocupa no pensar a tecnologia? Como estão sendo tratados o meio ambiente e o ser humano dentro das pesquisas tecnológicas? Qual a participação da população nas decisões acerca dos avanços tecnológicos? Como o Brasil está tratando os impactos oriundos da tecnologia na sociedade?

Como vimos anteriormente, de modo geral e ao longo da história brasileira os governos preferiram identificar o processo de industrialização a um modelo de absorção/incorporação de tecnologia oriundas de países desenvolvidos. Junto a estas tecnologias, muitas vezes sem a devida adaptação aos padrões nacionais, absorvemos modelos e comportamentos culturalmente aceitos em outras sociedades, os quais, em sua grande maioria, inadequados à nossa maneira de ser e de viver, condicionando-nos aos padrões estrangeiros.

Este caminhar da sociedade, pautado no desenvolvimento tecnológico, não questionado, desprovido de reflexão, somente acentua a exclusão e aumenta ainda mais a desigualdade social.

Normalmente não encontramos análises, reflexões escritas sobre o tema: impactos sociais dos avanços tecnológicos na sociedade brasileira. Os ensaios existentes são tímidos e isolados, emerge a necessidade de provocarmos um pouco mais a população no tocante à sua participação no futuro da humanidade, de criarmos uma cultura de socialização dos benefícios e de diminuição dos malefícios sociais causados pelas inovações tecnológicas.

Nesta etapa do trabalho objetivamos, então, resgatar alternativas apresentadas por autores, nacionais e estrangeiros, que aprofundam o tema Ciência, Tecnologia e Sociedade, e através delas elaboramos uma proposta de trabalho educativo. Todas as alternativas aqui destacadas possuem o intuito de levar a nossa sociedade a uma participação mais efetiva no desenvolvimento tecnológico associado ao desenvolvimento social do país.

São muitos os olhares e muitos os saberes envolvidos na discussão e proposição de alternativas que não só socializem as tecnologias, mas principalmente amenizem os efeitos dos seus malefícios na vida humana. Para desencadear tal estudo, num país em que isso ainda é muito incipiente, a contribuição de alguns autores, que de uma forma ou de outra apontam suas opções como possibilidades de modificar a situação atual, podem ser de fundamental importância.

Winner (1987) propõe que se reflita sobre a possibilidade ou não, de a sociedade estabelecer formas e limites para a mudança tecnológica, que surjam de

uma idéia articulada positivamente do que a sociedade deveria ser, isto significa que embora importante, não deveríamos prestar atenção somente à fabricação de instrumentos e processos físicos, mas também à produção de condições psicológicas, sociais e políticas como parte de qualquer mudança técnica significativa. Assim sendo, ele propõe a “filosofia da tecnologia”, que tem a tarefa fundamental de examinar de forma crítica a natureza e o significado das contribuições artificiais para a atividade humana. Esta nos leva a pensar sobre “como podemos limitar a tecnologia de modo a equipará-la com nosso sentido de quem somos e que tipo de mundo queremos construir?”

Sanmartín (1990) com a mesma preocupação de refletir sobre as implicações sociais dos avanços da tecnologia na vida do ser humano, propõe uma valoração global da tecnologia que denomina de “avaliação filosófica”. Afirma que é importante avaliar filosoficamente, pois esta avaliação permite esclarecer a trama de especulações que podem encontrar-se na própria base de uma intervenção tecnológica – cientificamente recomendada. Destaca que essa análise global deva ser complementada com valorações específicas das distintas aplicações particulares das tecnologias de que se trate, para conhecer os impactos e riscos ambientais e sociais, mais imediatos. É que “uma vez *tecnicamente* feitas estas valorações – e como uma parte a mais do processo de *avaliação técnica* – dever-se-ia dar voz à sociedade, para que ela manifeste seus desejos”, pois, não é somente aos “especialistas” que afeta o que tecnologicamente fazemos com nossa terra.

Pacey (1990) concretiza um pouco mais as propostas, abordando-as diretamente no campo educacional. Ele aponta a importância de uma melhor educação em ciência e tecnologia, tanto para o cidadão quanto para os profissionais da tecnologia, sendo necessário que se revise toda filosofia da educação, incluindo livros textos e outros recursos para aprendizagem. Isso deve ser feito de modo a possibilitar a apresentação de uma visão integrada da prática tecnológica em lugar de uma visão de túnel – *uma visão da tecnologia que se inicia e termina com a máquina* – enfocada exclusivamente em seus aspectos técnicos. Assim, para que ocorra a visão integrada da prática tecnológica, é necessário que as disciplinas sejam trabalhadas de forma interdisciplinar e contextualizadas.

Postman (1994) nesta mesma perspectiva educacional propõe um currículo escolar, no qual todas as matérias sejam apresentadas como um estágio no desenvolvimento histórico da humanidade, no qual sejam ensinadas as filosofias da ciência, da história, da linguagem, da tecnologia e da religião; onde haja forte ênfase nas formas clássicas da expressão artística. Postman entende que precisamos de estudantes que compreendam as relações entre nossas técnicas e nossos

mundos social e psíquico, de modo que possam iniciar conversas informadas sobre aonde a tecnologia está nos levando e como. Para tanto propõe incluir dois temas indispensáveis para compreensão de onde viemos: “a história da tecnologia que, tanto como a ciência e a arte, produz parte da história do confronto da humanidade com a natureza” e, de fato, com nossas próprias limitações; e “a religião, com a qual estão entrelaçadas a pintura, a música, a tecnologia, a arquitetura, a literatura e a ciência”.

Buarque (1994) é um dos autores nacionais, que melhor aborda o tema no tocante à realidade brasileira. Afirma que no Brasil, quando se propõem mudanças, em geral, não se discute para onde ir, e se pensa apenas no desenvolvimento para uma sociedade rica, de consumo de massas, industrial e urbana, com preocupação na maioria das vezes somente na área econômica. Para o autor devemos procurar caminhar, avançar de uma modernidade essencialmente técnica para uma modernidade ética, baseada em valores éticos e objetivos sociais que permitam definir as intenções a serem concretizadas e, então, as prioridades e as medidas a serem executadas. Buarque aponta dez intenções da construção de uma modernidade ética e ligadas a elas dez prioridades, que para o enriquecimento deste trabalho enumeramos a seguir:

1. *Modernidade é uma população educada e culta - Educação*
2. *Modernidade é um país sem fome - Alimentação*
3. *Modernidade é não morrer antes do tempo e viver com saúde - Saúde*
4. *Modernização da cultura em vez da cultura da modernidade - Cultura*
5. *Uma ciência e tecnologia modernas tecnicamente - Tecnologia adaptada*
6. *A modernidade tem que ser permanente - Meio Ambiente*
7. *Modernidade é uma ocupação descentralizada do território nacional, com cidades pacíficas e bem organizadas - Descentralização*
8. *Não há modernidade sem eficiência econômica comprometida eticamente - Eficiência*
9. *A modernidade do Estado é a sua ética - O Estado*
10. *A modernidade é uma política externa independente que garanta a soberania nacional e seja um instrumento de reordenação da modernidade técnica para uma modernidade ética - Soberania*

Ao concluir sua proposta, Buarque alerta: se caso o país continuar com o atual modelo de crescimento, o futuro do Brasil será parecido com o do planeta, implantando a segregação social, explicitando a apartação entre ricos modernos e pobres atrasados. Se rejeitar essa alternativa invertendo o caminho,

poderá tornar-se um retrato do que o mundo futuro pode vir a ser. Para tanto precisa elaborar um projeto em que a ética e a democracia se casem, numa sociedade que respeite as liberdades individuais, na ampliação do patrimônio cultural, assegure o equilíbrio ecológico, sem abandonar, mas considerando o sonho de consumo supérfluo como parte da meta civilizatória.

Benjamin (1998) nesta mesma ótica, assinala que o problema a ser atacado é o divórcio entre povo e nação, e assim, para que o processo de construção do país se complete o eixo deve deslocar-se para a população em si mesma, pois vê a imensa maioria marginalizada como potencial humano de possibilidades de futuro. Afirma que “sua elevação à condição cidadã é, de longe, o nosso principal desafio”. Como proposta para que possamos repensar o sentido de nossa história atual, destaca cinco compromissos necessários:

Compromisso com a soberania - determinação diante de nós e do mundo, na busca de um grau suficiente de autonomia decisória; *Compromisso com a solidariedade* - é preciso continuar em novas bases para edificação da nação de cidadãos, eliminando a exclusão social e as chocantes desigualdades na distribuição da riqueza, da renda, do poder e da cultura; *Compromisso com o desenvolvimento* - necessidade de mobilização de todos nossos recursos produtivos e não aceitação de imposições internas ou externas, de políticas que frustrem nosso potencial; *Compromisso com a sustentabilidade* - necessidade de buscar estilo de desenvolvimento que seja ético e aliado às gerações futuras, deixando de ser cópia de modelo socialmente injusto e ecologicamente incorreto; *Compromisso com democracia ampliada* - refundação do sistema político de modo a incluir o resgate a dignidade da função pública em todos os níveis.

Assim, destaca, “não há dificuldade técnica extraordinária para se pensar outro caminho de desenvolvimento para o Brasil (...). A verdadeira limitação é política e cultural, ligada à necessidade de criação de uma poderosa vontade nacional para a mudança”. Esta proposta será formulada num processo de realização, “com o povo imprimindo sua marca participante na refundação da nação”

Bazzo (1998) defende que devemos caminhar na perspectiva de uma Mudança Cultural, onde o desenvolvimento científico-tecnológico venha imbricado ao desenvolvimento de toda a sociedade. Para tanto, propõe que se adote uma nova abordagem no ensino tecnológico, onde os alunos recebam não só conhecimentos e habilidades para o exercício de uma profissão, mas elementos que os leve a pensar, num processo coletivo, nos resultados e conseqüências

sociais e ambientais das inovações científico-tecnológicas. Esta abordagem requer uma reestruturação das práticas didático-pedagógicas, através de uma nova postura epistemológica dos professores. Desse modo a educação estará contribuindo para a “formação de profissionais com discernimento no trato da ciência e da tecnologia não apenas como instrumento de poder, mas sim de desenvolvimento humano”.

Deste resgate teórico podemos observar que, o que se destaca nas diversas propostas destes autores (os estrangeiros em especial) que questionam a interferência da tecnologia, ou da “modernidade técnica” na vida humana, é a necessidade de envolver, nestas reflexões, as questões sociais e administrativas, ou aspectos culturais e organizacionais como destaca Pacey (1990), abandonando a visão de túnel da engenharia. Em todas a propostas evidencia-se a necessidade de uma mudança cultural, uma mudança de postura frente as tecnologias, uma mudança do paradigma daqueles envolvidos na produção e aplicação da tecnologia. Pouco destaque se dá para a postura da população.

Já, no Brasil, o que é enfatizado, além dos aspectos realçados na literatura internacional, é a necessária mobilização de toda a nação, sejam os técnicos, os políticos, os “ricos modernos” e os “pobres atrasados”, para que se reduzam as diferenças econômicas, políticas e sociais, avançando, desse modo, num desenvolvimento ideal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nestas considerações e/ou alternativas, levantadas pelos diversos autores pesquisados, entendemos que não devemos apenas refletir/aprofundar sobre as repercussões da tecnologia na vida humana, sejam elas positivas ou negativas, mas sim avançar na perspectiva da construção de caminhos que levem a uma verdadeira “redução sociológica” das inovações e assim tornar as tecnologias adaptadas e por conseqüência aceitas socialmente. É sob esta ótica que vemos a educação como o caminho para a mobilização, para a formação de uma consciência crítica, destacada por Acevedo (1996) e de suma importância frente aos impactos sociais originados pela tecnologia, uma consciência que lhes permita a participação pública e uma ação social efetiva.

Destacamos a educação como o caminho, não desejando trabalhar aqui uma visão reducionista de que tudo se resolve através dela, mas com a certeza de que de uma forma ou de outra a solução passa pela educação. O que se propõe é uma educação que extrapole os muros da escola em todos os níveis, alcançando a sociedade na sua plenitude, envolvendo aqueles que têm acesso quanto aqueles que não têm acesso aos bancos escolares, tendo como intento ampliar e aprofundar o diálogo com as ciências sociais, levando à reflexão e à transformação cultural frente os avanços tecnológicos. Uma educação que envolva tanto produtores como usuários de tecnologias, pois não é somente aos técnicos – “especialistas” – que afeta o que tecnologicamente fazemos com nosso habitat.

É necessário que se faça uma educação voltada a conscientizar os técnicos de que é urgente questionar sobre o tipo de mundo que queremos construir, e que os estudos que desenvolvem serão aplicados em favor ou contra a construção do mundo que esperam. Pois, o cientista é também cidadão, e sendo assim, não pode ser indiferente no seu trabalho, procurando sempre que as suas descobertas não comprometam a existência e a integridade dos seres humanos, nem os meios que eles precisam para se desenvolver normalmente no planeta (Acosta-Hoyos; Guerrero, 1985).

Na busca da redução ou eliminação do sonambulismo tecnológico, o que propomos é uma educação que envolva tanto o âmbito formal quanto o popular. Neste sentido, além de superar a visão de túnel dos especialistas, o que se pretende é desenvolver a cidadania da população. Desenvolvimento este que os leve a refletir sobre o seu papel no mundo e o papel daqueles que detêm o poder em suas vidas, de modo a tomarem consciência do que esperam do mundo/país onde vivem e como se vêem nesse mundo, resultando numa maior participação nas decisões que envolvem a sua vida enquanto cidadãos.

Assim sendo, seja na educação tecnológica, na formal e/ou na popular, o que se propõe neste ensaio é um esforço dos educadores em busca de uma educação orientada para a reflexão da realidade que leva à conscientização, seguida da participação efetiva na sociedade, processo que tem como resultado uma mudança cultural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, J. A. La tecnología en las relaciones CTS. una aproximación al tema. *Enseñanza de las ciencias*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 35-44, 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Ciliana Regina Colombo

Professora do departamento de engenharia civil da UNOESC, mestre em engenharia de produção na área de qualidade e produtividade e doutoranda em engenharia de produção na UFSC.

ACOSTA-HOYOS; Luis E.; GUERRERO GUTIERREZ, José Solon de J. *Tecnologia e qualidade de vida* (uma polêmica de nosso tempo). Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1985

BAZZO, Walter Antonio. *Ciência tecnologia e sociedade* e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1998.

BENJAMIN, César et al. *A opção brasileira*. Rio Janeiro: Contraponto, 1998.

BUARQUE, Cristovam. *A revolução nas prioridades: da modernidade técnica à modernidade ética*. São Paulo: Paz e Terra, 1994.

FREIRE, Paulo. *Educação e mudança*. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.

MITCHAM, Carl. Cuestiones éticas en ciencia y tecnología: análisis introductorio y bibliografía. In: GARCÍA, Marta I. González.; CERESO, José A. López.; LÓPEZ, José L. Luján. *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos, 1996.

PACEY, Arnold. *La cultura de La tecnología*. Trad. Rogelio Ríos Herrán. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

POSTMAN, Neil. *Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia*. Trad. de Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.

SANMARTÍN, José. *Tecnología y futuro humano*. Barcelona: Anthropos, 1990.

WINNER, Langdon. *La ballena y el reactor*. Barcelona: Gedisa, 1987.

ZARTH, Paulo Afonso et. al. *Os caminhos da exclusão social*. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 1998.



Walter Antonio Bazzo

Professor do departamento de engenharia mecânica da UFSC, mestre em ciências térmicas e doutor em educação. Nos últimos anos, publicou inúmeros trabalhos na área de ensino de engenharia e na relação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). É autor de cinco livros nessas áreas. É subchefe do Departamento de Engenharia Mecânica e Presidente do Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica da UFSC. Além de coordenador do NEPET, hoje é um dos especialistas da área de Engenharia II do MEC, membro do Conselho Editorial da Revista da ABENGE e do Conselho Editorial da Revista Eletrônica da OEI.

USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Romildo Pereira Brito¹, Luís Gonzaga Sales Vasconcelos¹ & Vicemário Simões¹

RESUMO

O aperfeiçoamento dos computadores fez surgir uma classe de aplicativos comerciais que podem ser de grande utilidade na tarefa de ensinar. São os chamados *Solve-Package*. Entre os vários aplicativos disponíveis, podemos citar: *Mathcad*®, *Mathematica*®, *Mapple*® and *Polymath*®. O uso destas ferramentas permite ao estudante resolver um problema explorando profundamente o conteúdo do assunto, visto que em diversas ocasiões o estudante se preocupa tanto em obter um programa computacional para resolver a questão acabando por esquecer a essência do problema. Em outras situações o estudante é obrigado a simplificar ou fazer suposições de forma que a solução possa ser obtida manualmente. Este artigo apresenta uma proposta de utilização do *Mathcad*® em todas as fases dos cursos de engenharia química. Os exemplos apresentados estão de acordo com a seguinte divisão: Fundamentos, Aplicações Primárias e Conteúdos de Integração.

Palavras-chave: Engenharia Química, Graduação, Ensino, *Mathcad*®

ABSTRACT

The advancement of computers has enabled the appearance of a class of commercial applications that can be of great usefulness in the task of engineering education. They are called *Solve-Package*. Among the several available applications, we can cite: *Mathcad*®, *Mathematica*®, *Mapple*® and *Polymath*®. The use of these tools allows the student to solve a problem exploring in depth the content of the subject, mainly because in several occasions the student worries so much to obtain a computer program to solve the question, that the essence of the problem is forgotten. In other situations, the student is forced to simplify or to make assumptions, so that the solution can be obtained manually. This article proposes the use of *Mathcad*® in all phases of the undergraduate chemical engineering courses. The presented examples cover the following subjects: Fundamentals, Primary Applications and Contents of Integration.

Keywords: Chemical Engineering, Undergraduate, Teaching, *Solve-Package*

INTRODUÇÃO

O mundo moderno tem se caracterizado pela grande quantidade de informação disponível, principalmente pela facilidade de acesso ao computador. A tarefa de absorver tais informações tem se tornado cada vez maior, uma vez que estas informações estão pulverizadas. A utilização do tempo dedicado ao estudo deve ser realizada de forma racional, de modo que os currículos não apresentem uma carga horária elevada.

A racionalização do tempo disponível durante os estudos passa pela necessidade de reformas curriculares para adaptação à nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB) do Ministério da Educação e Cultura (MEC). A implementação dos novos currículos exige a introdução de novas

metodologias e ferramentas de ensino por parte dos professores. A combinação deste dois pontos deve ter como objetivo principal dar ao profissional formado uma elevada capacidade de criticar, analisar e sintetizar soluções.

Um bom profissional não deve apresentar apenas um conteúdo solidificado. É essencial que o mesmo tenha habilidade para usar este conteúdo na resolução dos problemas. Desta forma, as aulas devem privilegiar os aspectos essenciais, o material didático deve ser continuamente atualizado, o professor deve estar aberto e preparado para as novas ferramentas que surgem a cada dia e, finalmente, não esquecer de que o ensino deve ser centrado no aluno.

Provavelmente, mais do que qualquer outra ferramenta moderna, o computador tem transformado a prática da engenharia em todos os níveis. O computador permite uma

¹ Professor Doutor lotado no Departamento de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – (DEQ/CCTUFPB). Fone: (83) 310-1053. E-mail: brito@deq.ufpb.br, vasco@deq.ufpb.br e simões@deq.ufpb.br

abordagem diferente dos problemas, evitando o ciclo de "solução certa ou solução errada". Muito mais importante é fazer suposições, gerar soluções e escolher, a partir das alternativas obtidas e de critérios estabelecidos, a solução que melhor convier.

Na grande maioria dos cursos, o aluno é obrigado a cursar uma disciplina que envolve algum tipo de linguagem de programação (Fortran, C++, Pascal, etc.), para em seguida cursar a disciplina relacionada com métodos numéricos. Com raras exceções, o conteúdo visto nestas duas disciplinas não é utilizado nas outras, o que nos leva a questionar o objetivo de ministrar um conteúdo, se depois este conteúdo não vai ser aplicado.

O aperfeiçoamento dos computadores fez surgir uma classe de aplicativos comerciais que podem ser de grande utilidade na tarefa de ensinar. São os chamados *Solve-Package*. Dentre os diversos aplicativos disponíveis no mercado, podemos citar: *Mathcad*®, *Mathematica*®, *Maple*® e *Polymath*®.

A utilização de aplicativos desta natureza permite ao aluno resolver um problema explorando com maior profundidade o conteúdo em questão, pois em diversas ocasiões o aluno dedica boa parte do tempo na obtenção de um programa (seja qual for a linguagem de programação), acabando por esquecer a própria essência do problema. Na realidade, o aluno acha que resolveu o problema no instante que o programa deu certo. Em outras situações o aluno se vê obrigado a simplificar ou fazer suposições de modo que o resultado do problema possa ser obtido manualmente.

Acreditamos que na resolução de um problema não importa o tipo de programação e sim a capacidade do aluno elaborar o algoritmo. O computador apenas realiza as tarefas (faz contas) previamente definidas pelo usuário.

Este artigo apresenta alguns exemplos de como o *Mathcad*® pode ser utilizado no ensino da engenharia química. Os exemplos foram classificados de acordo com a divisão curricular proposta por Almeida et al. (1998): Fundamentos, Aplicações Primárias e Conteúdos de Integração. A utilização do aplicativo citado deve-se única e exclusivamente à disponibilidade do mesmo na nossa Instituição.

APLICAÇÕES ENVOLVENDO CONTEÚDOS FUNDAMENTAIS

De acordo com Almeida et al. (1998) os conteúdos fundamentais envolvem Fenômenos de Transportes, Termodinâmica e Cinética. Serão apresentados dois exemplos pertinentes à matéria Termodinâmica (Smith et al., 1996).

Cálculo de Ponto de Bolha

O problema colocado consiste em achar a temperatura de bolha e a composição da fase vapor do sistema benzeno-tolueno, quando são fornecidas a pressão e a composição da fase líquida. Para representação do equilíbrio líquido-vapor foi utilizada a lei de Raoult, a qual somente é válida quando a fase vapor é um gás ideal e a fase líquida uma solução

ideal. Um problema mais complexo será abordado no item seguinte. A Figura 1 mostra como o problema foi resolvido.

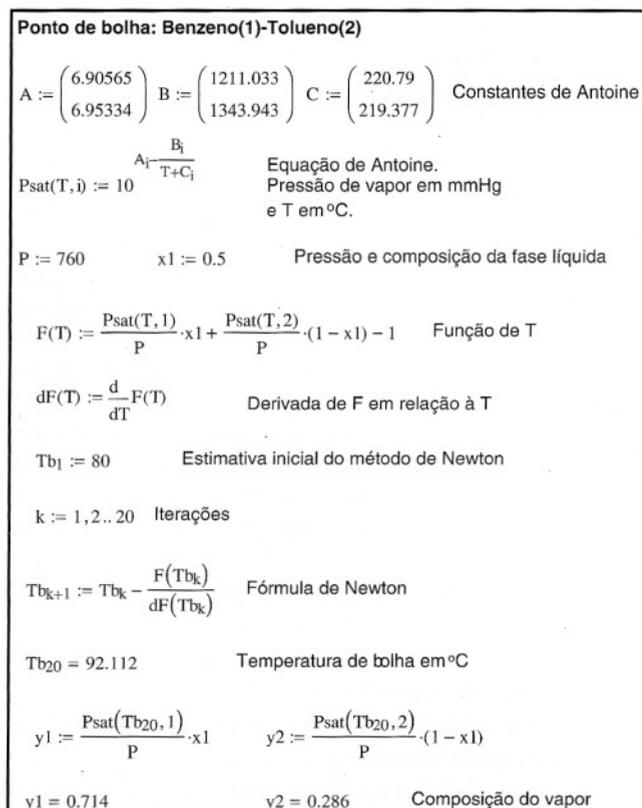


Figura 1. Cálculo de ponto de bolha

Após escrever a equação de Antoine, é definida uma função da temperatura, a qual é obtida a partir do somatório das frações molares na fase vapor. O problema consiste em encontrar uma temperatura que satisfaça o somatório. O método utilizado para determinação da temperatura foi o de Newton e a derivada da função é calculada internamente. A composição da fase vapor é calculada com o valor da temperatura encontrada.

Uma das grandes vantagens do *Mathcad*® é o fato das equações serem escritas no computador da mesma forma que se encontram nos livros, inclusive a fórmula de Newton.

Observa-se na Figura 1 que nenhuma programação foi necessária para obtenção do resultado. O tempo economizado com a programação pode, e deve, ser utilizado pelo aluno para o entendimento físico do problema. Uma avaliação interessante é observar como a temperatura de bolha varia com a composição do líquido, bem como com a pressão.

Diagramas Termodinâmicos

O objetivo deste item é apresentar como os diagramas y-x e T-xy de sistemas binários podem ser obtidos. Neste caso, a fase líquida não apresenta comportamento ideal e foi necessário incluir a correção dos desvios em relação à Lei de Raoult. Isto é feito pela introdução do coeficiente de atividade, o qual é função da composição da fase líquida e da temperatura. A expressão resultante é chamada de Lei de Raoult Modificada.

APLICAÇÕES PRIMÁRIAS

O procedimento do exemplo anterior representa apenas um ponto nos diagramas citados, ou seja, para obter os diagramas seria necessário modificar várias vezes o valor da composição da fase líquida.

Os pontos para construção dos diagramas podem ser obtidos utilizando uma função embutida. Neste caso, é utilizado um *solve block*, o qual é constituído pelos comandos *Given* e *Find*. O valor da temperatura que satisfaz o somatório das frações molares na fase líquida é encontrado automaticamente para cada composição da fase líquida, inclusive levando em consideração o cálculo do coeficiente de atividade. A Figura 2 mostra o arquivo utilizado para obtenção dos diagramas e mais uma vez nenhuma programação foi utilizada.

De acordo com a divisão adotada, fazem parte deste tópico as Operações Unitárias e Controle de Processos. Para esta parte do currículo serão apresentados dois exemplos de Operações Unitárias (Henley e Seader, 1981): vaporização *flash* e destilação.

Vaporização *Flash*

Os principais tipos de *flash* são isotérmico, fração vaporizada e adiabático. Será apresentado um *flash* isotérmico, o qual consiste em determinar as composições do líquido e do vapor que deixam o vaso de *flash*, além das vazões e da carga térmica do trocador de calor. Considerou-se o caso onde as fases líquida e vapor se comportam de forma ideal. A Figura 3 mostra o arquivo utilizado para resolução do problema.

Diagramas termodinâmicos: Isopropanol(1)-Água(2)

A := (16.6780 / 16.2887) B := (3640.2 / 3816.44) C := (53.54 / 46.13) Constantes de Antoine

Psat(Tk, i) := exp(Ai - Bi / (Tk - Ci)) Equação de Antoine. Pressão em kPa e T em K

b12 := 158.3662 b21 := 1668.8474 Parâmetros da equação do NRTL
R em cal/mol.K

α := 0.4120 R := 1.987

τ12(Tk) := b12 / (R * Tk) τ21(Tk) := b21 / (R * Tk)

γ1(x1, x2, Tk) := exp(x2^2 * [τ21(Tk) * (e^(-α * τ21(Tk)) / (x1 + x2 * e^(-α * τ21(Tk))))^2 + (e^(-α * τ12(Tk)) * τ12(Tk)) / (x2 + x1 * e^(-α * τ12(Tk)))^2])

γ2(x1, x2, Tk) := exp(x1^2 * [τ12(Tk) * (e^(-α * τ12(Tk)) / (x2 + x1 * e^(-α * τ12(Tk))))^2 + (e^(-α * τ21(Tk)) * τ21(Tk)) / (x1 + x2 * e^(-α * τ21(Tk)))^2])

Tb := 373.0 x := 0.0, 0.02.. 1.0 Pkpa := 101.3 Estimativa para a temperatura, variação da composição da fase líquida e pressão do sistema

Given

Psat(Tb, 1) / Pkpa * x * γ1(x, 1 - x, Tb) + Psat(Tb, 2) / Pkpa * (1 - x) * γ2(x, 1 - x, Tb) = 1

T(x) := Find(Tb) y(x) := x * Psat(T(x), 1) / Pkpa * γ1(x, 1 - x, T(x)) Temperatura e composição do vapor em equilíbrio

y45(x) := x Diagonal

Figura 2. Construção de diagramas termodinâmicos

Deve-se observar que o aplicativo simplesmente determina o valor da temperatura que satisfaz o somatório das frações molares da fase vapor. Muito mais interessante é a determinação do ponto azeotrópico, além do estudo da influência da pressão sobre o ponto azeotrópico.

Além de realizar todos os cálculos, os resultados podem ser diretamente colocados em forma gráfica. Observa-se também a facilidade do aplicativo em manusear expressões complexas, como a do coeficiente de atividade.

Flash isotérmico: benzeno(1)-tolueno(2)-Clorobenzeno(3)

A := (13.8594 / 14.0098 / 13.9926) B := (2773.78 / 3103.01 / 3295.12) C := (220.07 / 219.79 / 217.55) Constantes de Antoine

Psat(i, Tcel) := e^(Ai - Bi / (Tcel + Ci)) Equação de Antoine. Pressão em kPa e temperatura em °C

nc := 3 i := 1..nc número de componentes

z1 := 0.3 z2 := 0.3 z3 := 1 - (z1 + z2) composição da alimentação

T := 109.0 P := 101.3 Pressão e temperatura do vaso (flash isotérmico)

Ki := Psat(i, T) / P Constante de equilíbrio independente da composição (L e V)

f(ψ) := ∑_{i=1}^{nc} (zi * (Ki - 1) / (1 + ψ * (Ki - 1))) df(ψ) := d/dψ f(ψ) Função da fração vaporizada e sua derivada

iter := 10

ψ := | ψ1 ← 0.5
for j ∈ 1..iter
| ψj+1 ← ψj - f(ψj) / df(ψj)
| ψj+1 ← 1 if ψj+1 > 1
| ψj+1 ← 0 if ψj+1 < 0

ψ = 0.346 Fração vaporizada

xi := zi / (1 + ψ * (Ki - 1)) yi := zi * Ki / (1 + ψ * (Ki - 1))

x = (0.209 / 0.305 / 0.486) y = (0.472 / 0.291 / 0.237) Composição do líquido e do vapor

F := 100 V := ψ * F L := F - V V = 34.592 L = 65.408 Vazões

Figura 3. Cálculo de um *flash* isotérmico

Este tipo de problema pode ser resolvido graficamente ou numericamente. O aplicativo *Mathcad®* permite a resolução das duas formas. Entretanto, optou-se por apresentar a forma numérica, pois tal procedimento permite maior explanação dos recursos do aplicativo.

Depois de fornecer os dados termodinâmicos, a resolução consiste em definir a constante de equilíbrio e uma função

para a fração vaporizada. O problema então consiste em achar um valor para a fração vaporizada (V/F) que satisfaça a igualdade. As composições das fases são determinadas em seguida.

Neste exemplo o Método de Newton foi implementado utilizando-se uma programação bem simplificada. Foi utilizado um comando de repetição (*For*) e comandos de restrições (> e <) para limitar o intervalo da fração vaporizada entre 0 e 1. Observa-se que as funções definidas funcionam como subprogramas na linguagem de programação Fortran.

Este programa poderia ser resolvido utilizando um *solve-block*. O objetivo de introduzir alguma programação na resolução foi mostrar que o professor tem a liberdade de escolher o que deve ser utilizado pelo aluno.

A introdução da programação representa apenas cinco linhas no arquivo, ou seja, o esforço despendido pelo aluno neste sentido ainda é muito baixo. O tempo economizado deve ser utilizado para responder como o desempenho da separação depende da pressão, da temperatura e da composição da alimentação ou ainda, como as vazões dependem das variáveis citadas.

Destilação Binária

A grande maioria das aplicações envolvendo o Método de McCabe-Thiele são aquelas onde estão especificados as composições dos extremos e a razão de refluxo. Ou seja, tradicionalmente o Método de McCabe-Thiele é utilizado apenas para determinação do número de estágios para uma separação especificada. A Figura 4 apresenta os resultados para esta aplicação.

Para obtenção da construção de McCabe-Thiele é necessário construir o diagrama termodinâmico y-x. O procedimento é idêntico àquele apresentado anteriormente.

O passo seguinte é traçar as retas da alimentação, retificação e exaustão. As retas de alimentação e retificação são traçadas diretamente após a definição das mesmas. Para traçar a reta de exaustão é necessário encontrar o ponto de interseção entre as retas de alimentação e retificação, pois neste ponto também passa a reta de exaustão. O ponto de interseção é encontrado usando-se um *solve-block*.

Sabendo que a reta de exaustão passa pelo ponto de interseção e pelo ponto x_b , as funções *Intercept* e *Slope* determinam os coeficiente linear e angular, respectivamente. Desta forma, podemos traçar as três retas no diagrama y-x e obter o número de estágios e o estágio da alimentação.

Para qualquer modificação operacional, imediatamente os resultados são obtidos. Podemos, por exemplo, avaliar quantitativamente a influência da razão de refluxo sobre o número de estágios.

Apesar de termos apresentado uma aplicação tradicional do Método de McCabe-Thiele, o aplicativo *Mathcad*® permite a resolução de problemas atípicos. Determinar a razão de refluxo quando são especificados as composição dos extremos e o número de estágios é um exemplo de uma aplicação atípica. O leitor interessado nestas aplicações atípicas deve entrar em contato com os autores.

Destilação binária: determinação do número de estágios

$x_f := 0.4 \quad x_d := 0.95 \quad x_b := 0.03 \quad R := 3.5 \quad q := 0.5 \quad P_{mmHg} := 760.0$

$6.90565 \frac{1211.033}{T_{cel} + 220.79} \quad P_{sat1}(T_{cel}) := 10 \quad 6.95334 \frac{1343.943}{T_{cel} + 219.377} \quad P_{sat2}(T_{cel}) := 10$

$T_b := 100.0 \quad x := 0..1.0$

Given

$x \cdot P_{sat1}(T_b) + (1-x) \cdot P_{sat2}(T_b) = P_{mmHg}$ Obtenção da curva de equilíbrio

$T(x) := \text{Find}(T_b) \quad y(x) := x \frac{P_{sat1}(T(x))}{P_{mmHg}} \quad y_{45}(x) := x$

$y_{feed}(x) := \left(\frac{q}{q-1}\right) \cdot x - \left(\frac{x_f}{q-1}\right) \quad y_{ret}(x) := \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_d}{R+1}$ Retas de alimentação e retificação

$x_{int} := 0.5$

Given

$y_{ret}(x_{int}) = y_{feed}(x_{int})$ Determinação do ponto de interseção entre as retas de retificação e alimentação

$x_{int} := \text{Find}(x_{int}) \quad y_{int} := y_{feed}(x_{int})$

$y_b := x_b$

$x_s := \begin{pmatrix} x_{int} \\ x_b \end{pmatrix} \quad y_s := \begin{pmatrix} y_{int} \\ y_b \end{pmatrix}$

$m_s := \text{slope}(x_s, y_s) \quad b_s := \text{intercept}(x_s, y_s)$ Determinação dos coeficientes angular e linear da reta de exaustão

$y_{strip}(x) := m_s \cdot x + b_s$

$x_q := x_{int} \quad y_q := y_{int}$

$i := 0..100 \quad x_{p0} := x_b \quad y_{p0} := x_b$

$\begin{pmatrix} y_{pi+1} \\ x_{pi+1} \end{pmatrix} := \begin{cases} \text{if } (y_{pi} < x_d, \frac{P_{sat1}(T(x_{pi})) \cdot x_{pi}}{P_{mmHg}}, y_{pi}) \\ \text{if } (y_{pi} > y_q, \frac{[y_{pi} \cdot (R+1) - x_d]}{R}, \frac{y_{pi} - b_s}{m_s}) \end{cases}$ Função para obtenção da construção de McCabe-Thiele

Construção de McCabe-Thiele

Figura 4. Aplicação de destilação binária

APLICAÇÕES ENVOLVENDO CONTEÚDOS DE INTEGRAÇÃO

Fazem parte deste tópico os Balanços Globais de Massa e Energia e Projeto de Processos. Serão apresentados exemplos envolvendo balanço de massa sem reação química e balanços combinados de massa e energia (Felder e Rousseau, 1998; Himmenblau, 1998).

Balanço de Massa sem Reação Química

O objetivo do exemplo apresentado é obter a vazão e a composição de todas as correntes do processo de extração apresentado na Figura 5.

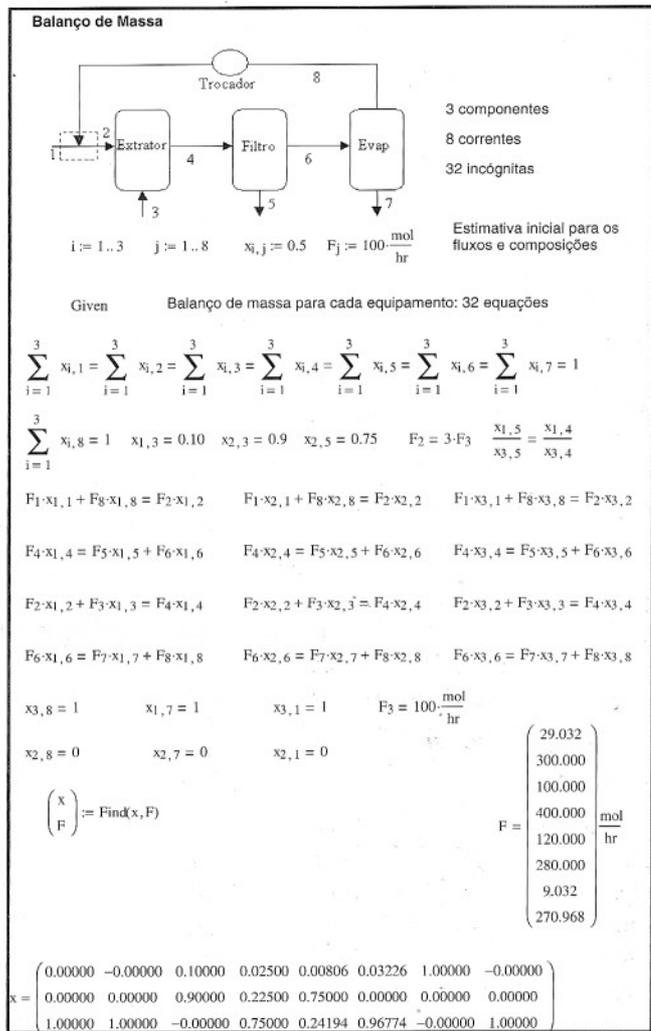


Figura 5. Resolução de balanços de massa

Foi utilizado um *solve block* para resolver o sistema algébrico de equações, originado através dos balanços de massa em cada equipamento, incluindo o misturador das correntes 1 e 8. São consideradas incógnitas todas as variáveis que aparecem no fluxograma da Figura 5.

Após estimativa inicial para as incógnitas, inicia-se o *solve block*. Dentro do *solve block* são colocados os balanços de massa e as restrições do sistema algébrico. As restrições incluem todos os dados fornecidos pelo enunciado do problema, ou seja, as variáveis que estão especificadas. Os balanços de massa foram escritos de forma explícita como uma forma de chamar a atenção do leitor, pois trata-se do ponto mais importante do problema.

Acreditamos que da maneira como o problema foi colocado, fica mais claro para o aluno realizar a contagem do número de equações disponíveis e o número de variáveis a serem especificadas.

Pode-se observar que neste exemplo foi utilizado as unidades para a vazão (mol/hr). Esta é outra vantagem do *Mathcad*®, pois pode evitar que o aluno cometa erros devido a não padronização de unidades nos cálculos. Por exemplo, o aluno pode definir uma vazão em mol/hr e outra em mol/s e trabalhar normalmente, pois o *Mathcad* converte tudo para uma mesma unidade.

Balancos de Massa e Energia Combinados

O problema da Figura 6 representa de forma simplificada a obtenção do estireno a partir da desidrogenação do etilbenzeno.

Dada a conversão no reator (35 %) e para uma base de cálculo igual a 100 kg/h, o objetivo do exemplo é determinar a vazão e a composição de todas as correntes. Além dos dados apresentados na Figura 6, são fornecidas as capacidades caloríficas do etilbenzeno e do estireno.

A solução do problema consiste, inicialmente, em escrever as equações dos balanços de massa. Entretanto, verifica-se que o número de incógnitas é maior do que o número de equações (F=1). Semelhante ao item anterior foram consideradas incógnitas todas as vazões e composições, inclusive aquelas de valor conhecido (que passam a ser restrições). Desta forma, temos de obter outra equação.

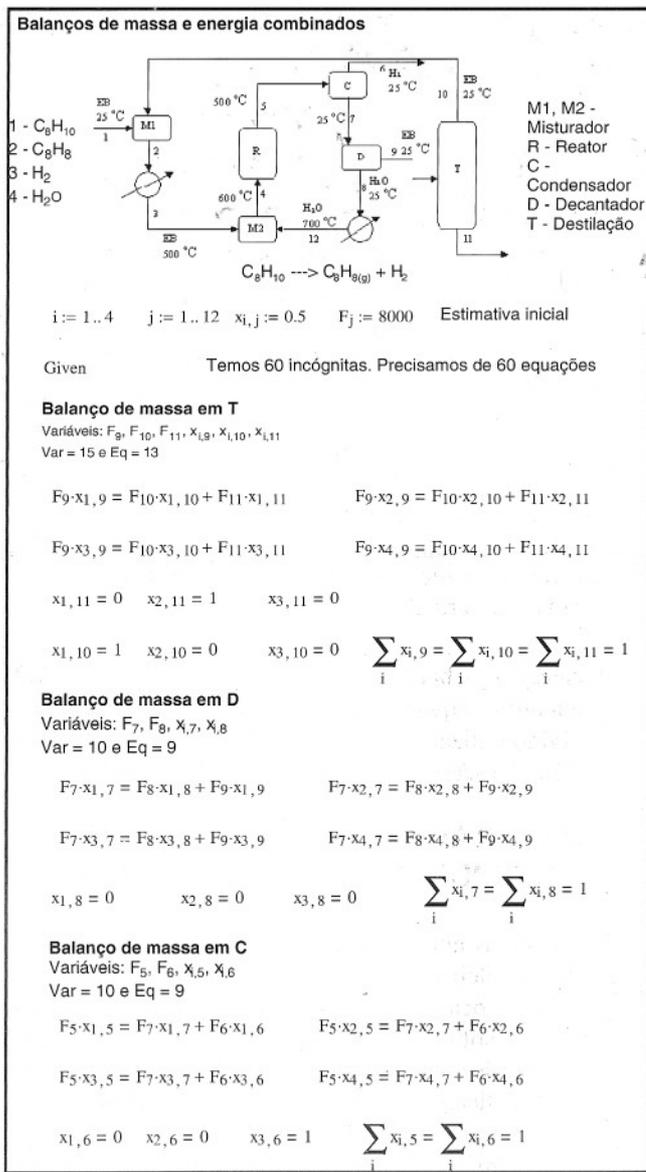


Figura 6.1. Resolução de balanços de massa e energia combinados: Parte 1

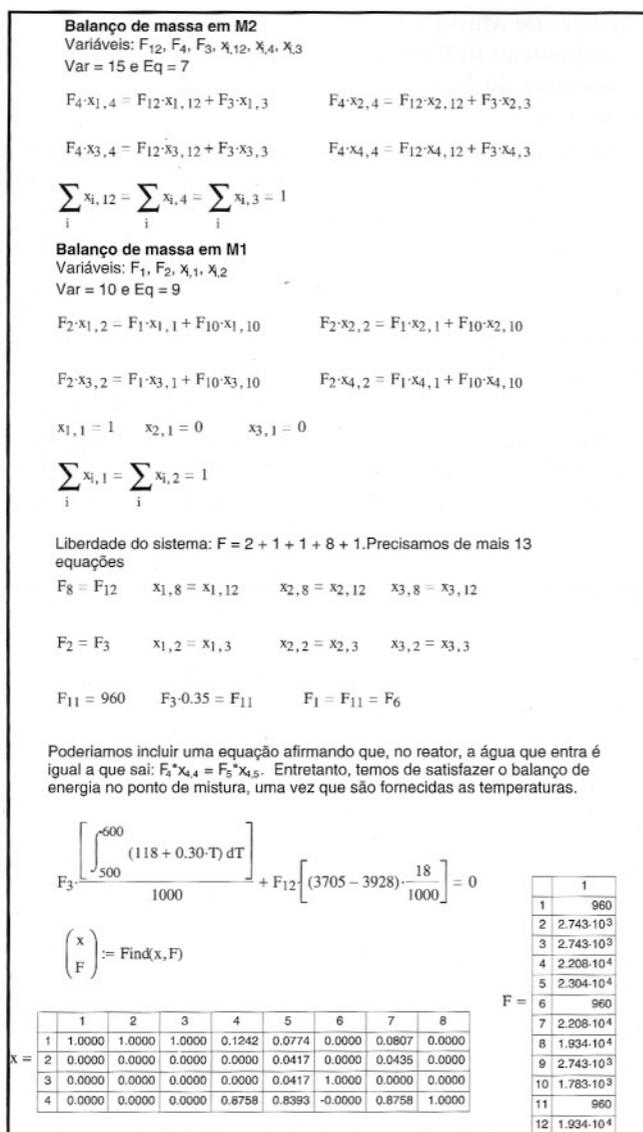


Figura 6.2. Resolução de balanços de massa e energia combinados: Parte 2

A inclusão do balanço de energia no misturador 2 (M2) fornece a última equação. O sistema de equações algébricas foi resolvido utilizando-se um *solve block*. Novamente, fez-se questão de escrever explicitamente todos os balanços.

UTILIZAÇÃO DO MATHCAD® EM DISCIPLINAS DO DEQ/CCT/UFPB

Em 1999 os autores deste artigo participaram do VIII Encontro Brasileiro sobre o Ensino da Engenharia Química (ENBEQ). Na ocasião, um dos autores fez parte do Grupo de Trabalho sobre Metodologias de Ensino (Recursos Computacionais como Suporte Racional ao Ensino) e dentre os diversos aplicativos apresentados estava o *Mathcad*®.

No mesmo ano de 1999 o DEQ/CCT/UFPB adquiriu a licença do *Mathcad*® e o aplicativo foi introduzido nas disciplinas Termodinâmica Geral II e Operações Unitárias III.

A receptividade por parte dos alunos foi excelente, apesar dos autores perceberem a necessidade de um tutorial. O tutorial foi elaborado e hoje está disponível para todos os alunos. Com o tutorial a disposição o aluno tem toda condição de preparar arquivos semelhantes aos apresentados neste artigo.

Os autores ainda não têm uma avaliação estatística para comparar o desempenho escolar antes e depois da introdução do aplicativo. Isto está sendo providenciado e será motivo de outra publicação. Entretanto, há indicadores da boa aceitação da ferramenta. Por exemplo, a solicitação, por três vezes, do Centro Acadêmico de Engenharia Química (CAEQ) para ministrar o curso "Problemas da Engenharia Química Resolvidos com o *Mathcad*®". Além disto, o aplicativo passou a ser utilizado em disciplinas em que não era adotada a ferramenta.

CONCLUSÃO

Foi apresentada uma proposta para utilização de aplicativos do tipo *Solve-Package* nos cursos de graduação em engenharia química. Pelos exemplos abordados, mostramos que é possível a utilização de um aplicativo desta natureza em todas as etapas de um curso de graduação.

O *Mathcad*® mostrou-se uma ferramenta poderosa para auxílio na tarefa de ensinar. A introdução destes aplicativos, realizada de forma racional, é benéfica na formação do profissional. A capacidade de criticar, analisar e propor modificação serão pontos fortes daqueles que fizerem utilização destas ferramentas.

Através de exemplos que envolvem o uso de funções embutidas e aplicações onde é empregado algum tipo de programação, fica claro que o professor pode optar por uma das alternativas ou utiliza-las simultaneamente.

Um ponto fundamental para uma utilização bem sucedida deste tipo de ferramenta é a introdução da mesma desde cedo nos curso de graduação. De preferência, a ferramenta deve ser utilizada no primeiro ano do curso, em disciplinas como Ciência da Computação e Métodos Numéricos.

Em termos de velocidade de processamento o *Mathcad*® não é competitivo com nenhuma linguagem de programação tradicional, como C++, Fortran ou Basic. Entretanto, o objetivo não é a comparação do desempenho computacional e sim o desempenho do ponto de vista didático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. *Diretrizes Curriculares: Delineando Novos Paradigmas – O Caso da Engenharia Química*. Revista de Ensino de Engenharia, 1998.
- FELDER, R. M. and ROUSSEAU, R. W. *Elementary Principles of Chemical Process*, John Wiley & Sons, 1998.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA (MEC), Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional, Lei Nº 9394/96.
 HENLEY, E. J. and SEADER, J. D. *Equilibrium-Stage Separation Operations in Chemical Engineering*. John Wiley & Sons, 1981.

HIMMELBLAU, D. M. *Engenharia Química – Princípios e Cálculo*, Prentice-Hall do Brasil, 1998.
 SMITH, J. M., VAN NESS, H. C. and ABBOTT, M. M. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. McGraw-Hill International Editions, 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

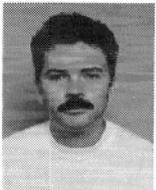


Romildo Pereira Brito (1965), é Engenheiro Químico (1987) e Mestre em Engenharia Química pela UFPB, onde é professor desde 1991. Obteve o título de Doutor em Engenharia Química pela UNICAMP (1997). Atuou como Engenheiro de Processos de 1989 a 1991. No campo da educação em

engenharia suas áreas de interesse são as novas ferramentas e metodologias de ensino.



Vicemário Simões (1959), é Engenheiro Químico e Mestre em Engenharia Química pela UFPB, onde é professor desde 1992. Obteve o título de Doutor em Engenharia Química pela UFSCar (1999). Na educação em engenharia seus interesses são as novas metodologias de ensino.



Luís Gonzaga Sales Vasconcelos (1960), é Engenheiro Químico e Mestre em Engenharia Química pela UFPB, onde é professor desde 1990. Obteve o título de Doutor em Engenharia Química pela UNICAMP (1997). Na educação em

engenharia seus interesses são o desenvolvimento de simuladores educacionais, estudos de processos cognitivos e estilos de aprendizagem.

OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM SERVIÇOS DE COLETA SELETIVA: O USO DA INFORMÁTICA NO APRENDIZADO ATIVO E COLABORATIVO

Bruno Milanez¹ & Viviana M. Zanta Baldochi²

RESUMO

O uso de softwares no ensino de planejamento da coleta de resíduos sólidos urbanos apresenta duas vantagens: permitir aos alunos o contato com tais aplicativos, cada vez mais usuais nas empresas, e aumentar a interação, motivação e participação dos estudantes em sala de aula. Nesse trabalho desenvolveu-se uma dinâmica de aula para os alunos de graduação de Engenharia Civil, da Universidade Federal de São Carlos, abordando a elaboração de rotas para coleta seletiva em pontos de entrega voluntária. Para tal, utilizou-se o software Logware® para processamento de dados da cidade de Belo Horizonte.

Palavras-chave: roteirização, pontos de entrega voluntária, aprendizado colaborativo

ABSTRACT

Using routing software for teaching about solid waste collection has two main advantages. Firstly, the contact of the students with such programs, develops technical abilities that would be important in future professional activities. Besides that, it also offers new opportunities for enhancing involvement, motivation and communication among students. This paper describes the enrolment of civil engineering students from Universidade Federal de São Carlos, in a waste collection planning exercise. It was based on information from the city of Belo Horizonte, and the software Logware® was used for data processing.

Keywords: vehicle routing, drop off centres, collaborative learning

INTRODUÇÃO

Este módulo de ensino foi desenvolvido para aplicação na disciplina de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

A disciplina possui um conteúdo programático abrangente e interdisciplinar com temas pertinentes à gestão de resíduos sólidos, tais como: legislação ambiental, minimização da geração, planejamento, projeto e operação de sistemas de coleta, e tecnologias de tratamento e disposição final.

O caráter interdisciplinar do conhecimento na área de resíduos sólidos torna interessante o uso de metodologias de ensino que promovam a participação e interação dos alunos para a resolução de situações-problema.

Assim sendo, elaborou-se um módulo de ensino tendo como objetivo a criação e avaliação de rotas para coleta seletiva, através do uso de um software de roteamento de

veículos, que permitisse adotar uma dinâmica de aula contemplando o ensino ativo e colaborativo.

APRENDIZADO ATIVO E COLABORATIVO

Neste trabalho, está sendo chamado de aprendizado ativo qualquer estratégia que se contraponha ao aprendizado passivo, no qual os alunos desempenham apenas o papel de ouvintes. Dentre as estratégias de aprendizado ativo, optou-se por trabalhar com o aprendizado colaborativo. Entende-se como tal, o método que faz com que os alunos interajam entre si, questionando as informações e descobrindo conjuntamente as soluções.

Procurou-se dar maior ênfase a esta estratégia, uma vez que ela permite uma maior interação aluno-professor e aluno-aluno. Considera-se, como mencionado por FELDER &

¹ Aluno de Mestrado, Engenheiro de Produção. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos Rod. Washington Luis, km 235, C.P. 676, São Carlos, SP, CEP 13565-905. Fone: (16) 260-8262, Ramal 218, Fax: (16) 260-8295, Ramal 255. E-mail: pmilanez@iris.ufscar.br
² Professora, Doutora. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos Rod. Washington Luis, km 235, C.P. 676, São Carlos, SP, CEP 13565-905. Fone: (16) 260-8262, Ramal 240, Fax: (16) 260-8295, Ramal 255. E-mail: viviana@power.ufscar.br

BRENT (1999), que os alunos, ao discutirem entre si determinado conceito, apreendem-no melhor, uma vez que são obrigados a refletir mais sobre a informação para transmiti-la. Além disso, essa dinâmica permite o desenvolvimento de habilidades de comunicação.

Dessa forma, acredita-se que o aprendizado colaborativo aumente consideravelmente o grau de assimilação do conteúdo pelos alunos.

USO DE SOFTWARES DE ROTEAMENTO

Com o crescimento das cidades e a mudança dos padrões de consumo das pessoas, são percebidas alterações na geração de resíduos sólidos. Essas alterações representam não só um aumento da quantidade, como da complexidade dos resíduos sólidos urbanos. Por outro lado, há também um aumento da exigência da sociedade quanto à qualidade dos serviços de limpeza pública. Esse novo cenário acarreta a necessidade de técnicos cada vez mais capacitados para gerenciar os serviços de limpeza das cidades.

Dentro do gerenciamento de resíduos sólidos, uma das atividades que requer maiores recursos, humanos ou de equipamentos, é a coleta dos resíduos. Este serviço necessita de grande investimento (como a aquisição de caminhões) e apresenta considerável custo operacional (pagamento de pessoal, gastos com manutenção, combustível, etc.). Portanto, qualquer ganho de eficiência dentro dessa etapa reflete em uma considerável redução de custos.

Apesar dessa importância financeira, “as fases que mais impactam o desempenho logístico do sistema – dimensionamento dos setores e roteamento – são tratadas por heurísticas simplificadas, muitas vezes sem relação aparente com variáveis determinantes” (CARVALHO & LOUREIRO, 1999). Como consequência, perdem-se oportunidades de economias significativas para as administrações municipais.

O trabalho de coleta de resíduos possui, ainda, uma componente social e, principalmente, de marketing. Ele representa uma importante interface da empresa de limpeza pública com a sociedade, sendo também um fator crítico na avaliação da qualidade do serviço prestado.

Tendo como objetivos melhorar a qualidade do atendimento à população e reduzir custos, softwares cada vez mais específicos e complexos vêm sendo desenvolvidos para auxiliar na tarefa de definição de rotas para coleta de resíduos.

Rotas mais bem definidas permitem economia de combustível, de tempo e um melhor dimensionamento da frota. Além de usar heurísticas cada vez mais complexas e obter circuitos mais próximos do ótimo, estes softwares permitem, ainda, a consideração de várias condições de contorno como: janelas de horário, capacidade e autonomia de veículos, tempo de carga e descarga etc.

Embora esta evolução seja constatada na realidade profissional do mercado de trabalho, ela não é encontrada nas disciplinas de cursos de graduação em Engenharia Civil. Usualmente, quando são ministradas aulas de limpeza pública, a unidade relativa a roteamento é abordada de forma

rápida. Pede-se aos alunos que realizem, manualmente, o dimensionamento da frota e o roteamento da coleta para uma pequena área urbana, com base no bom senso e em alguns critérios de planejamento. Devido ao processo empírico (tentativa e erro), um tempo precioso é despendido na obtenção de resultados e os alunos deixam de avaliá-los. Além disso, o tempo fica também reduzido para uma avaliação da metodologia ou dos conceitos usados, ou mesmo para a experimentação de metodologias mais refinadas.

Com a preocupação de fornecer condições mais adequadas ao aprendizado, foi realizada essa experiência de uso de ferramentas computacionais para o ensino de roteamento de coleta de resíduos.

PROCESSO DE ESCOLHA DO SOFTWARE

Inicialmente, buscou-se no mercado softwares já desenvolvidos para a área de limpeza pública, entretanto, as soluções encontradas exigiam investimentos consideráveis, o que inviabilizaria o trabalho. Frente a esse cenário, optou-se, como primeira experiência, pela versão acadêmica do software Logware®, desenvolvido por BALLOU, R. H. (Weatherhead School of Management, Case Western Reserve University). Este é um software genérico de logística que possui um módulo de roteamento de veículos.

O programa leva em consideração diversos parâmetros importantes para a coleta de resíduos, entre eles: capacidade dos veículos em volume e peso, barreiras geográficas, janelas de horário, custos fixo e variável de diferentes veículos e da equipe, tempo de carga, intervalos de jornada, custo de hora extra e zonas de velocidade.

O software oferece, como resultado, um esquema das rotas e um relatório contendo dados de tempos, custos de pessoal e frota, e a seqüência dos locais a serem visitados, com os respectivos horários de chegada e partida.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A principal preocupação ao se desenvolver este exercício foi transferir a atenção dos alunos do resultado numérico para a discussão e avaliação dos raciocínios utilizados. Ao invés de discutirem qual resposta era a melhor, desejava-se que eles verificassem as diferentes formas de se chegar a uma possível configuração de rotas.

Entretanto, para manter a motivação e o sentimento de desafio, elaborou-se um exercício o mais próximo possível da realidade. Escolheu-se, para tanto, um estudo de caso de coleta seletiva, o qual foi adaptado para se adequar às características do software.

Para tal, foi reconstruído o caso da coleta em Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) de Belo Horizonte.

A partir das informações presentes na *homepage* da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU, 2000), distribuíram-se especialmente os diversos PEVs (Figura 1). A cada PEV foi vinculada a quantidade

armazenada, disponibilizada por MOTTA et al. (1997). Por falta de informação disponível, alguns PEVs tiveram de ser ignorados.

Foram fornecidas as posições dos PEVs, a capacidade de cada um, além de custos de pessoal e de caminhões. Cada grupo recebeu uma composição distinta, para evitar competição entre eles ou que a solução de um grupo fosse repetida pelos demais. Além desses dados, foram fornecidas informações gerais como: jornada de trabalho, política de horas-extras, velocidade de coleta e de transbordo, tempo de carga etc.

Obtenção dos Resultados

Como era desejável que os alunos tivessem algum tempo para assimilar o uso do software e dos conceitos transmitidos, optou-se pela realização das tarefas fora da sala de aula. Foram, então, utilizados os computadores do Laboratório de Informática da Graduação do Departamento de Engenharia Civil/UFSCar. Os alunos tiveram um prazo de três semanas para a entrega dos resultados. Os grupos, compostos por quatro alunos, deveriam alimentar o programa com as informações pertinentes, executá-lo, obter os resultados e apresentar os mesmos na forma de relatório. Nesta etapa os professores disponibilizaram tempo para atendimento aos alunos para dirimir dúvidas quanto à utilização do software.

Avaliação dos Resultados pelos Alunos

O Logware® tem como particularidade não combinar diferentes viagens para o mesmo veículo. Seu algoritmo usa um caminhão para cada rota, mesmo que elas durem menos que metade da jornada de trabalho.

Devido a esta "limitação" do software foi possível criar um exercício mais interessante. Após a obtenção das rotas, os grupos deveriam analisar os resultados, definindo uma frequência de coleta (diária, ou em dias alternados) e combinando as rotas fornecidas pelo software. Esta foi a etapa onde houve maior interação e discussão dentro dos grupos e entre eles. Ao final, as equipes entregaram relatórios onde apresentavam e justificavam suas soluções.

Discussão das Soluções

Na aula seguinte à entrega dos relatórios, foi realizada uma discussão em sala de aula sobre os diferentes caminhos utilizados por cada grupo. Para tal, foi montado um quadro resumo e cada metodologia, apresentada. Nesse momento, percebeu-se a importância de se ter trabalhado com valores diferentes para cada grupo, pois não constatou-se interesse pela solução certa ou errada, mas sim pela forma de avaliação empregada, ou seja, pelo método de análise.

As soluções foram bastante diversas. Por exemplo, um dos grupos trabalhou com a frota passando todos os dias em todos os PEVs, quando estes estavam apenas com metade de sua carga. Dessa forma, compôs rotas mais longas. Outro grupo trabalhou com uma coleta em dias alternados e, conseqüentemente, com rotas menores. Nesta solução, os dias das rotas mudavam de uma semana para outra: se em uma semana determinadas rotas tinham sido feitas às terças e quintas-feiras, na semana seguinte eram percorridas às segundas, quartas e sextas-feiras. Um terceiro grupo seguiu raciocínio semelhante, porém propôs coletas de segunda a sábado, calculando, para isso, o custo do pagamento de horas-extras.



Figura 1. Distribuição dos PEVs em Belo Horizonte

Para a estimativa dos custos, referentes à manutenção dos caminhões e remuneração do pessoal, adotaram-se dados disponíveis para a cidade de Porto Alegre (PEREIRA & DOS SANTOS, 1998).

O trabalho desenvolvido abrangeu as seguintes etapas:

Aula Expositiva³

Na primeira parte da aula foram apresentados conceitos gerais sobre logística e roteamento, inclusive o uso de heurísticas. Em seguida, para permitir um primeiro contato com o software, formaram-se duplas de alunos, cada uma em um computador. À medida que as telas do programa eram projetadas, os alunos tinham oportunidade de acompanhar a exposição em seu computador, utilizando os exemplos já existentes. Dessa forma aprendiam comandos e funcionalidades do software.

Ao fim desta aula, foi passada a tarefa prática, na qual os alunos deveriam obter rotas para o caso de Belo Horizonte.

³ Realizada no LIEGE – Laboratório de Informática e Ensino de Graduação em Engenharia do Departamento de Engenharia de Materiais/UFSCar

Essa variação de soluções permitiu uma rica discussão com os alunos, sobre como resolver problemas de formas distintas.

LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS

Verificou-se que a estratégia adotada de realizar o trabalho extra-classe possibilitou que alguns componentes dos grupos não participassem ativamente. Para evitar que isto ocorra em uma próxima experiência, pode-se definir tarefas específicas para cada um dos membros das equipes e a realização da análise final em sala de aula para possibilitar a interação entre os membros.

Em relação ao software, este apresentou um desempenho razoável, porém ainda encontra-se aquém do desejável. Espera-se que, para o próximo ano, seja possível utilizar um programa georeferenciado. Com esse passo, poderão ser acrescentadas novas variáveis, como topografia da cidade e sentido de ruas, o que tornará o problema mais interessante, propiciando maior motivação dos alunos.

CONCLUSÃO

Este trabalho constitui-se na primeira experiência de introdução de softwares no curso de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública para o curso de graduação da Engenharia Civil da UFSCar.

As condições para a sua realização, isto é, o tempo disponível entre a sua idealização e execução foi curto, devido a necessidade do cumprimento do cronograma da disciplina. Além disso, a falta de recursos restringiu a escolha do software.

No entanto, os objetivos iniciais foram alcançados, demonstrando ser viável o desenvolvimento de atividades de ensino, que incorporem os conceitos de ensino ativo e colaborativo, com o uso de ferramentas atuais contribuindo para a melhor formação dos alunos.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Bruno Milanez

Graduado em Engenharia de Produção (UFRJ, 1994), é aluno de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. Desenvolve pesquisa relacionada a indicadores de sustentabilidade e políticas públicas para gestão de resíduos sólidos e tem como áreas de interesse educação ambiental e o ensino cooperativo.



Prof. Dra. Viviana Maria Zanta Baldochi

Engenheira Civil (1985, UFSCar), Mestre em Engenharia, área de concentração em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP, 1990), Doutora em Engenharia, na área de concentração Hidráulica e Saneamento (1997, EESC/USP); Recém-doutora (1999; EESC/USP). Consultora "ad hoc" da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia junto ao Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB, 2000). Área de atuação: docência em engenharia em nível de graduação e especialização, consultora em ensino de engenharia nas habilitações civil e ambiental e na área de gestão de Resíduos Sólidos. Atualmente, Prof. Subst. do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar.

AGRADECIMENTOS

- À FAPESP pela bolsa de mestrado, que permitiu a disponibilidade necessária à elaboração do módulo de ensino.
- À equipe do LIG – DECiv/UFSCar pela disponibilidade e colaboração.
- Ao DEMa/UFSCar pela cessão do LIEGE para realização da aula expositiva.
- Ao Prof. Dr. Arquimedes Azevedo Raia Jr. (DECiv/UFSCar) pela discussão e críticas, que contribuíram para a delimitação do exercício.
- Ao Prof. Dr. Virgílio José Martins Ferreira Filho (DEI/UFRJ) pela colaboração para obtenção do Logware®.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELO HORIZONTE. Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) URL: <http://www.pbh.gov.br/siga/limpeza/index.htm>. Site consultado em 10/05/2000.
- CARVALHO, L.E.X.; LOUREIRO, C.F.G. **Desenvolvimento de solução integrada em ambiente SIG para tratamento de problemas relacionados a coleta urbana de resíduos sólidos**. Anais do XIII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, São Carlos, 1999.
- FELDER, R.M.; BRENT R. **Effective teaching: a workshop**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.
- MOTTA, M.L.A. et al. **Planejamento de roteiros de coleta seletiva**. XIX Congresso da ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997.
- PEREIRA, S.A.; DOS SANTOS, R.F.G. **Porto Alegre**. In EIGENHEER, E. M. (org.) Coleta seletiva de lixo - experiências brasileiras nº 2. Rio de Janeiro: In-folio, 1998.

ENGENHARIA, CONSTRUÇÃO CIVIL E SOCIEDADE

Eduardo Krüger¹

RESUMO

Neste artigo, procura-se discutir aspectos sociais, ambientais e da aplicação da tecnologia no setor da construção civil. A partir de um panorama inicial da função e histórico da construção, procura-se verificar a influência dos três aspectos citados na formação de engenheiros civis.

Palavras-Chave: Construção Civil, Ensino de Engenharia, Tecnologias Apropriadas

ABSTRACT

This paper presents a brief discussion about the primary function and history of civil engineering. It also discusses the social, environmental and technological aspects involved in the formal education of civil engineers.

Keywords: Civil Construction, Engineering, Appropriate Technology

INTRODUÇÃO: UM BREVE HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Já na Roma Antiga, o arquiteto Vitruvius (séc. I a.C.) relacionava os primórdios da Arquitetura com a noção de abrigo contra as intempéries, de como a Arquitetura nasce da elaboração do abrigo elementar (POLIÃO, 1999). Seu trabalho é influenciado pela atenção aos fatores climáticos e pela necessidade de adequação das construções ao seu entorno. Antes dele, porém, gregos renomados como Aristóteles (382-322 a.C.), Xenofonte (430-350 a.C.) e Hipócrates (460-380 a.C.) já estabeleciam normas para construção de acordo com a posição do Sol, direção dos ventos, dentre outros fatores.

De um modo geral, os grandes nomes da Arquitetura foram influenciados por princípios climáticos e sua aplicação no projeto arquitetônico. Deve-se a Le Corbusier, entretanto, a concepção das modernas torres de vidro, com seu trabalho *Une Ville Contemporaine*, de 1922, que, embora sendo uma idéia abstrata, abriu o leque para projetos concretos em diversas partes do mundo. O próprio Le Corbusier já presumira o efeito catastrófico da entrada e retenção da radiação solar no verão, mas aí já era tarde. Paralelamente à abundância de recursos energéticos, dispostos da forma mais utilizável possível, como eletricidade, verifica-se um abandono gradual da arquitetura tradicional (vernácula) em favor de uma arquitetura internacional, onde especificidades da região onde se constrói são por diversas vezes desconsideradas e na qual a climatização e a iluminação

artificial resolvem todos os problemas. Todo o processo de tentativa e erro de ajustamento da construção à região onde se constrói, ou seja, a própria tradição da Arquitetura, passa a ser relegada a um segundo plano.

No Brasil, a formação de uma indústria da construção civil, onde se supõe uma relação entre firmas construtoras e indústrias subsidiárias, fornecedoras de materiais de construção, surgiu em meio ao processo de modernização que acompanhou a instalação do sistema ferroviário brasileiro, a partir de 1850. De tal forma que os primeiros engenheiros brasileiros atuaram inicialmente no setor ferroviário, passando em seguida ao aparelhamento dos portos e ao saneamento básico, para somente a partir da década de 20 se dedicarem às edificações de um modo geral (VARGAS *et al.*, 1994). As Escolas Politécnicas do Rio de Janeiro e de São Paulo, criadas ainda no século XIX, preparavam engenheiros que buscariam o serviço público ou as grandes empresas que cuidavam da infra-estrutura.

Obviamente, anterior à criação de uma indústria formal da construção civil, toda uma arquitetura manufaturada e informal já existia no país. Como em diversos países tropicais onde o processo de urbanização intensiva se agravou somente a partir da metade do século XX (KOENIGSBERGER, 1980), a arquitetura era basicamente rural, desenvolvendo-se de acordo com as possibilidades e especificidades regionais. Durante o período colonial, *os grupos humanos estabeleceram-se próximos às regiões litorâneas [...] e próximos aos rios, que os proveriam de meios de transporte e resolveriam os problemas de abastecimento de água. [...]*

¹ Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, CEFET-PR Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Av. 7 de Setembro, 3165, CEP 80230-901, Curitiba, Paraná. Tel.: (41) 310-4723, Fax: (41) 310-4712. E-mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

As técnicas construtivas são marcadas pela disponibilidade dos materiais da região. [...] Praticamente todas as construções eram riscadas ou realizadas ou por mestres de risco, ou por padres, ou por engenheiros militares, como os oficiais de engenharia (NAGAMINI, 1994). A expansão da indústria cafeeira (1880-1930) estimularia a vinda dos cafeicultores para os grandes centros, com a engenharia atuando na construção das moradias dos cafeicultores, em geral suntuosas mansões erguidas com materiais locais, [...] ou importados (NAGAMINI, *opus cit.*). Verifica-se também, neste período, a construção de um grande volume de prédios públicos nas grandes cidades. A construção tecnologicamente estruturada de edifícios encontra apoio nos laboratórios de ensaios tecnológicos, criados a partir da década de 20, como o Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM), de 1926, transformado posteriormente, em 1934, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

A QUESTÃO SOCIAL

Em razão das características do Brasil-Colônia, com interesses em defesa do território conquistado, a legislação e a preocupação com uma sistematização e transmissão de conhecimentos em fortificação, artilharia e construção naval, levou à criação das primeiras escolas de ensino militar no Brasil. Desta forma, os primeiros engenheiros brasileiros tinham formação militar. Apenas em 1774 institue-se as aulas de Arquitetura Militar e, em 1792, as de Arquitetura Civil, voltadas sobretudo a métodos de construção de vias e saneamento de cidades. O primeiro centro difusor de ciências no Brasil, no entanto, surge apenas em 1810, com a criação da Academia Real Militar, sendo mantido o padrão de formação militar. Somente em 1858 desvincula-se o Ensino Militar do de Engenharia Civil, sendo criada a Escola Central (PEREIRA, 1994). Em vista deste desenvolvimento histórico, a questão social no Ensino de Engenharia não parece estar presente em suas origens. Isso torna-se claro quando observamos a postura do poder público face à habitação de interesse social quando do surgimento dos primeiros cursos de Engenharia Civil no Brasil.

Para contornar os problemas relacionados ao processo de urbanização acelerada dos grandes centros, as primeiras atuações do poder público, no que se refere à população operária, se deram em três frentes: (1) controle sanitário em habitações, com elevado grau de autoritarismo por parte da Diretoria da Higiene e da Polícia Sanitária; (2) legislação e códigos de posturas e (3) participação direta em obras de saneamento, urbanização e implantação de redes de água e esgoto, tendo esta última medida uma maior eficácia que as duas primeiras.

Assim sendo, até 1930, a participação do Estado na construção de moradias resumia-se ao estímulo à iniciativa privada e à denominada produção rentista. Em 1925, apenas 23.8% dos prédios de São Paulo eram ocupados por proprietários (Boletim do Departamento de Indústria e Comércio *apud* BONDUKI, 1998).

O projeto desenvolvimentista do período Vargas (1930-1945) mostrava o empenho do Estado em tratar a questão habitacional em prol de interesses econômicos e político-ideológicos. O impulso dado à questão habitacional tomava forma através da criação de diversas instituições públicas e privadas e com a realização de seminários e congressos tendo como tema a habitação. Entretanto, tal empenho gerou grande impasse com a instituição da Lei do Inquilinato, em 1942, que fixava o valor dos contratos de aluguel. Tal medida passou a constituir um desestímulo à produção rentista, transferindo para o Estado e para os próprios trabalhadores a responsabilidade pela construção de suas moradias.

Os projetos habitacionais da época buscavam o barateamento através da racionalização da construção, ocorrendo a construção de moradias principalmente na periferia dos grandes centros. Com o fim do período Vargas, interesses políticos contraditórios e a falta de continuidade político-administrativa levaram à interrupção da política habitacional até então em vigor. É nesta época que aparecem soluções informais, como o surgimento de favelas nos grandes centros, situação que se manteria até que, na década de 60, se dessem as primeiras intervenções do Estado com a remoção dos moradores para áreas periféricas. Após o golpe militar de 1964, a remoção de favelas passou a ser uma regra. Tanto o Sistema Financeiro de Habitação como o Banco Nacional de Habitação privilegiavam programas para a classe média. Somente com a abertura política, na década de 80, é que surgem programas habitacionais tendo como público-alvo a população de baixa renda.

Em suma, interesses político-ideológicos e a própria escassez de recursos fizeram com que, ao longo de grande parte de sua História, o Brasil, como um todo, e as Escolas de Engenharia, em especial, não tivessem como um de seus focos a questão da habitação social.

A QUESTÃO AMBIENTAL

Construir significa intervir de forma definitiva no meio natural. Deste modo, toda construção pode ser vista como objeto de degradação do meio ambiente. Desde a extração dos materiais de construção, passando pela fase de uso até o posterior desmonte ou demolição da edificação, o homem exerce uma influência negativa no meio ambiente: extraindo e usando recursos naturais; efetuando modificações irreversíveis no meio natural, atuando diretamente na permeabilidade do solo através da remoção do recobrimento vegetal; modificando o micro-clima local; contribuindo para o aumento de emissões atmosféricas e do grau de poluentes na água; aumentando o ruído urbano etc (KRÜGER, 1998).

A questão dos impactos da atuação do Homem na Natureza, de um modo geral, foi tema das primeiras discussões engendradas pelo Clube de Roma na década de 60 (ODUM, 1988). Criado em 1968 pelo empresário Arillio Peccei, o chamado Clube de Roma reunia cientistas, pedagogos, economistas, humanistas, industriais e funcionários públicos, com o objetivo de debater a crise atual e futura da humanidade.

Enquanto o primeiro relatório elaborado pelo Clube de Roma (*Limits to Growth*, de 1972) pretendeu apresentar cenários catastrofistas de como seria o planeta, uma vez sendo mantido o padrão de desenvolvimento vigente na época, relatórios seguintes alertavam com frequência para a necessidade de se mudar o padrão de desenvolvimento vigente. Podemos citar como exemplo o 2º Relatório elaborado pelo Clube de Roma (*Mankind at Turning Point*, de 1974), editado por Mihajlo Mesarovic e Eduard Pestel, que identificava dois desníveis em nosso planeta: entre o desenvolvimento humano e a Natureza e entre ricos e pobres, propondo desenvolvimentos diferenciados, específicos para cada região, nos quais se reconhecem as diversidades existentes, tendo como slogan: *think global, act local*.

Interessante observar que, à medida em que iam sendo discutidos temas relacionados ao meio ambiente, acontecimentos noticiados pela grande imprensa mostravam a veracidade dos fatos apresentados nos relatórios e a complexificação das interrelações no ecossistema terrestre devido ao padrão de desenvolvimento adotado. Assim, temos, em 1973/1974 e em 1979/1980, duas ondas sucessivas de elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, abalando uma fonte energética que fôra, até então, um dos principais alicerces da sociedade industrial (LA ROVERE, 1985). Por toda parte, verificam-se acidentes relacionados ao uso de fontes de energia não-renováveis, como os acidentes nucleares de *Three Mile Island*, em 1979; o de *Chernobyl*, em 1986, com um débito de cerca de 2500 vidas humanas; a tragédia ambiental causada pelo vazamento do petroleiro Exxon Valdez, em 1989, dentre outros.

Um aspecto fundamental de todo o discurso ambientalista, além da preocupação com a preservação de ecossistemas e com o bem-estar de gerações futuras, diz respeito à preservação de nossa própria espécie. A questão dos limites, tema do primeiro relatório do Clube de Roma, serve de alerta para os efeitos das ações humanas no planeta como um todo.

Tendo em vista a limitação dos recursos materiais e energéticos do nosso planeta, seja nos dias de hoje, seja em projeções futuras, na Engenharia, o caminho para se adequar ambientalmente a construção de novos edifícios, pontes, estradas etc. deve ter como objetivo a criação de um ciclo como os existentes na natureza onde: construção, uso e demolição da edificação acarretem em menores danos possíveis ao meio ambiente. (KRÜGER, 1998). Enquanto que algumas linhas de ação nesse sentido são absolutamente perceptíveis, podendo ter um efeito direto na economia de material e na própria lucratividade do construtor, como, por exemplo, a racionalização do processo construtivo (redução do tempo de execução, economia de mão-de-obra) e a evitação de desperdícios no canteiro de obras (economia de material de construção), outras apresentam vantagens muitas vezes desconhecidas para quem constrói e tem alguma preocupação com o meio ambiente, indo além das atividades do canteiro. São elas, por exemplo, a escolha adequada de materiais de construção, a eficiência energética da edificação durante seu uso e a demolição ou o desmonte da edificação, ao fim de sua vida útil.

Quanto ao consumo de energia durante o uso da edificação, por exemplo, o desconhecimento de princípios básicos de térmica em edificações por profissionais do setor da construção civil acaba resultando em projetos de ambientes termicamente desfavoráveis, tendo como conseqüências: prédios que apresentam um grande consumo de energia para condicionamento de ar no verão ou para calefação no inverno, ou situações em que a simples permanência no ambiente, seja ele local de trabalho ou de moradia, torna-se uma experiência bastante desagradável do ponto de vista do conforto de seus ocupantes. Indo-se um pouco mais além na análise das conseqüências, poder-se-á verificar a diminuição do rendimento nas atividades a serem realizadas, no caso de ambientes de trabalho, ou mal-estar físico, no caso de moradias. O descuido com a adequação aos elementos do clima, uma das bases da arquitetura, que surge como uma forma de proteção (MARKUS & MORRIS, 1980), é evidente nas modernas torres de vidro, verdadeiras estufas que absorvem radiação solar e impedem a saída do calor armazenado e gerado no ambiente interno. Tais construções necessitam permanentemente de sistemas centrais de condicionamento de ar, com efeitos no consumo de energia e na proliferação das chamadas *sick-building-syndromes*, as “síndromes do edifício doente”.

A QUESTÃO TECNOLÓGICA

De um modo geral, técnicas construtivas são transmitidas como um pacote hermético, em que não há espaço para modificações, adições ou adaptações. Adequações das técnicas, ensinadas no meio acadêmico sob a forma de ciência-disciplina (FREIRE MAIA, 1990), são vistas como tarefa de pesquisadores. No entanto, no grande laboratório de tecnologias apropriadas que são as “cidades ilegais” nas periferias dos grandes centros, inovações construtivas e potencial criativo encontram espaço, proporcionando soluções de baixíssimo custo e que, de certa forma, atendem às necessidades da população carente (TURNER, 1972).

Essa experiência informal de construção por auto-ajuda sem assistência do Estado ou supervisionamento técnico, traduz a verdadeira tradição da arquitetura, da tentativa e erro na permanente busca de adequação aos recursos disponíveis. Obviamente, são muitas as soluções impróprias e é inegável que a maior parte delas oferece parcas condições de habitabilidade. No entanto, apesar de consciente de suas necessidades e possibilidades (de construção, de ajuda-mútua, de convívio na comunidade), a população diretamente envolvida não parece tomar parte da etapa de decisão quando da implementação de conjuntos habitacionais.

Uma característica básica do setor de construção civil brasileiro é o emprego de mão-de-obra não qualificada. O setor é responsável pela geração de postos de trabalho para uma parcela da população, que, de outra forma, engrossaria a reserva de desempregados. Sendo assim, há que se pensar, tanto no caso citado da geração de moradias para a população de baixa renda quanto em obras privadas, na adequação da tecnologia ao operário que dela faz uso. Neste sentido, o conceito de tecnologia apropriada (TA), definido ainda na década de 60, por SCHUMACHER (1993), na qual se definia uma tecnologia “com uma face humana”, aliado à

racionalização das etapas construtivas parece ser uma saída. Enquanto que o objetivo básico das TA's de maximizar o emprego de mão-de-obra é plenamente atendido, a premência necessária ao tratamento de um déficit habitacional galopante pode ser em grande parte levada em conta. Segundo BRUNA (1983), são duas as possibilidades para o setor da construção civil: manter o *status quo* tecnológico, apenas racionalizando as operações artesanais; ou mecanizar a produção. Dadas as dificuldades de escassez de capital e abundância de mão-de-obra não qualificada no Brasil, a primeira opção parece mais acertada. Uma mecanização ou industrialização da construção seria social e economicamente desestabilizante.

Além do aspecto sócio-econômico da aplicação de tecnologias mais adequadas no setor da construção civil, há que se atentar para o aspecto ambiental. Em todo o discurso em favor das TA's estão implícitas críticas à tecnologia de grande-escala. Cita-se, por exemplo, o fato de esse tipo de tecnologia proporcionar uma economia do tipo *robber-economy*, que usa recursos naturais em abundância e com rapidez, provenientes muitas vezes de regiões mais pobres, para transformá-los em bens de consumo de curta vida útil e repassá-los a um alto custo às mesmas regiões de onde saem esses recursos.

Dentre outras críticas, poderíamos ainda citar as seguintes:

- A tecnologia de grande-escala atua contra a natureza e não em seu favor.

- A tecnologia de grande-escala favorece uma exclusão econômica.

- A tecnologia de grande-escala demanda altos custos energéticos e econômicos em sua aplicação.

- A tecnologia de grande-escala priva o homem do trabalho criativo e produtivo, no qual ele usaria cérebro e mãos. O trabalho produtivo na sociedade industrial desumaniza, é fragmentado e monótono, tendo pouco significado para o trabalhador e diminuto prestígio social.

Observando-se, por um lado, alguns princípios básicos do uso da tecnologia de grande-escala, verifica-se que, enquanto na Natureza há limites, havendo equilíbrio, ao passo que na tecnologia de grande-escala não há limites, não podendo portanto haver qualquer equilíbrio. Assim, a tecnologia de grande-escala contém uma contradição a um princípio básico da Natureza, sendo gerada aí uma oposição entre Natureza e Tecnologia.

CONCLUSÕES

Já se verifica um esforço por parte de algumas instituições conceituadas como a Escola Politécnica de São Paulo, a UFRJ e a UNICAMP, que, em seus cursos de Engenharia Civil procuram tratar de questões ambientais relacionadas à racionalização do processo construtivo e à conservação de energia. No entanto, na IV edição do Congresso de Engenharia Civil, em Juiz de Fora, agosto de 2000, os temas tratados, com poucas exceções envolviam assuntos tradicionais da construção. Assuntos como adequação climática, tecnologias apropriadas e sustentabilidade vêm fazendo parte quase que exclusivamente de congressos e encontros de Arquitetura, como foi o caso do VIII Encontro

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado em Salvador, em abril do mesmo ano.

Através deste artigo procurou-se reunir informações pertinentes ao papel social e ambiental do engenheiro. Acreditamos que a inserção dessas questões nos currículos de Engenharia poderiam contribuir positivamente para uma nova forma de pensar e agir no planejamento e gestão da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONDUKI, N.. Origens da Habitação Social no Brasil. São Paulo : Estação Liberdade: FAPESP, 1998.

BRUNA, P. Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento. São Paulo: Perspectiva, 1983.

FREIRE MAIA, N. A Ciência por dentro. Petrópolis: Vozes, 1990.

KOENIGSBERGER, O.H. Manual of tropical housing and building. London: Longman, 1980.

KRÜGER, E.L. Analyse von Bausystemen im sozialen Wohnungsbau Brasiliens. Hannover, 1997. Tese de Doutorado - Escola de Arquitetura, Technische Universität Hannover.

_____. Avaliação de Sistemas Construtivos para a Habitação Social no Brasil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (1998 : Florianópolis). Anais... Florianópolis : Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998.

LA ROVERE, E.L. Economia e Tecnologia da Energia. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1985

MARKUS, T.A. & MORRIS, E.N. Buildings, Climate and Energy. London: Pitman, 1980.

NAGAMINI, M. Construção de Edifícios e Engenharia Urbana. In: MOTOYAMA, S. (org.). Tecnologia e Industrialização no Brasil. São Paulo: Editora UNESP, 1994.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

PEREIRA, P. Engenharia Militar. In: VARGAS, M. (org.). História da Técnica e da Tecnologia no Brasil. São Paulo: Editora UNESP, 1994.

POLIÃO, Marco Vitruvius. Da Arquitetura. São Paulo: HUCITEC, 1999.

SCHUMACHER, E.F. Small is beautiful. Reino Unido: Vintage, 1993.

TURNER, J.F.C. & Fichter, R. Freedom to build. New York: MacMillan Company, 1972.

VARGAS, M.; KATINSKY, J.R.; NAGAMINI, M. Indústria da Construção e a Tecnologia no Brasil. In: MOTOYAMA, S. (org.). Tecnologia e Industrialização no Brasil. São Paulo: Editora UNESP, 1994.

IV CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL, 2000, Juiz de Fora Anais do IV Congresso de Engenharia Civil, Juiz de Fora UFJF, 2000.

VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (CD-ROM), Porto Alegre Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2000.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

Eduardo Krüger: Engenheiro Civil, Mestre pela COPPE/UFRJ em Planejamento Energético, Doutor em Arquitetura pela Universidade de Hannover, República Federal da Alemanha, Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, CEFET-PR Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Áreas de Interesse: Uso Adequado de Energia e Novas Fontes; Gestão Ambiental na Construção Civil e Habitação de Baixa Renda no Brasil.

O PAPEL DA LIDERANÇA ENTRE OS ASPECTOS DA QUALIDADE NA EDUCAÇÃO UNIVERSITÁRIA

Marcelo Silva de Oliveira¹ & José Joaquim do Amaral Ferreira²

RESUMO

Este artigo estuda a relação entre qualidade organizacional e qualidade na educação, culminando com a proposição de uma tese central para a realização da qualidade na educação universitária. Esta tese explicita o valor e o papel da liderança, para a construção de uma solução para o problema da qualidade no ensino superior.

Palavras-chave: qualidade na educação, liderança

ABSTRACT

This article presents a study on the relation between organizational quality and quality in education, and proposing a central thesis that makes the success of a quality program in university education. The role and the worth of the leadership in the construction of a solution for the problem of higher education quality are made evident.

Keywords: quality in education, leadership

INTRODUÇÃO

O tema da qualidade na educação universitária pode suscitar ânimos dos mais variados, desde as mais entusiasmadas preconizações até as mais ácidas críticas. Os cientistas sociais da Pedagogia e áreas afins tendem a se expressar segundo um paradigma um tanto quanto incomunicável com o pensamento dos teóricos da Qualidade na Gestão de Operações (Qualidade Organizacional), tornando-os até mesmo adversos, em alguma medida.

É um fato notório que as ciências sociais sustentam diversos paradigmas na construção do conhecimento, e que este fato, por si só, faz entender a multiplicidade de teorizações diferentes. Porém, estas divergências não precisam ser assim, pelo menos não no tema *qualidade* (OLIVEIRA, 2000).

QUALIDADE ORGANIZACIONAL E QUALIDADE NA EDUCAÇÃO

HANNAH (1996) entende que a qualidade na educação tem o impacto mais determinante na plêiade de mudanças que a educação vem recebendo ultimamente. Direta e indiretamente, o financiamento das instituições de ensino

superior (IES) está cada vez mais ligado a classificação quanto a qualidade. Em nenhuma outra instituição ou organização, o impacto da qualidade na reputação é mais notável do que nas instituições de ensino superior.

Desde que a reputação é a riqueza mais importante de qualquer IES, o tema da qualidade na educação não poderia ser mais relevante para ser tratado segundo os próprios cânones do pensamento científico. O “negócio” de uma IES é fundamentado na reputação — um empreendimento cujos rendimentos são determinados pela percepção e substância da imagem pública positiva para com a qualidade, e pela habilidade com que o “marketing” desta reputação é feito.

Para além desta motivação mais voltada aos interesses da instituição, ouve-se vozes mais compassivas a favor dos *beneficiários* do ensino superior. Um professor da Universidade de Miami (BEMOWISK, 1991a) expressou-se assim:

Eu não posso simplesmente dar de ombros ao desempenho de meus estudantes, meramente atribuindo seu baixo rendimento a falta de atenção, desinteresse, ou fraca base; em vez disso, eu preciso participar responsabilmente e procurar estar ciente do problema, identificando causas, e corrigindo defeitos.

¹ Professor Adjunto, Doutor em Engenharia, Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, DEX-UFLA, CP 37, CEP 37200-000, Lavras, MG. Fone: (35) 3829-1373, Fax: (35) 3829.1650. E-mail: marcelso@ufla.br

² Professor MS-3, Doutor em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Almeida Prado, 531-2º andar/sala 237, CEP 05508-900, Cidade Universitária, São Paulo, SP. E-mail: (11) 3814-7366, Ramal 439, Fax: (11) 3814-7496. E-mail: jjafuca@usp.br

Sendo um aspecto tão vital e premente, seria de se estranhar, até a perplexidade para alguns e a indignação para outros, o fato de que surgisse *resistência* à idéia de qualidade na Educação, principalmente dentro de uma instituição escolar. De fato, seus críticos e oponentes focalizam, para objetar, a forma de qualidade consubstanciada na idéia de *qualidade total* (ou *empresarial*, ou ainda, *TQM* ou *TQC*, siglas do inglês *Total Quality Management* e *Total Quality Control*), aqui denominada *qualidade organizacional*, nas instituições *públicas* (aquelas que deveriam oferecer uma educação escolar gratuita), e não a idéia geral de uma Educação melhor. É a transferência das teorias e práticas dos modelos de pensamento utilizados na indústria e na iniciativa privada, para as quais a lucratividade “a qualquer custo é o que importa”, que “assusta” os defensores de uma educação escolar pública não-excludora.

Mas não são apenas considerações éticas de ordem social que buscam desanimar a aplicação da gestão pela qualidade total na escola. Também há denúncias de incompatibilidades quanto ao projeto e disposições da organização escolar, e sua administração. BOLTON (1995) lista algumas destas incongruências :

- A estrutura de departamentos das universidades normalmente é tão fragmentada que as melhores vantagens de uma organização sistêmica são perdidas. Esta fragmentação é freqüentemente observada em nível de indivíduos.

- A avaliação de docentes é freqüentemente muito difusa e subjetiva.

- Mudanças são difíceis de ser implementadas.

- Os conceitos de cliente e de satisfação do cliente são problemáticos.

- Alguns membros da universidade a entendem na diversidade. Para estes, a idéia de controle da qualidade sugere uniformidade, exatamente o oposto do que deveria ser.

- O pressuposto de que a qualidade começa no topo soa para alguns como “imposição”, sem consulta e parceria com a comunidade universitária.

Segundo este autor inglês, professor da Universidade de Lancaster, a reação comum destes críticos é “minar” os esforços para a qualidade, tipicamente com humor, mais do que com ativa rebeldia.

BRAZ (1997) “apresenta algumas observações sobre posturas dos diretores de escola” (da educação básica), que revelam algo mais sobre tal cultura inóspita para a qualidade total na educação :

- *Os diretores se colocam sempre, e apenas, como educadores, e nunca como gerentes ou administradores.*

- *Os diretores são a favor da “personalização do ensino” e contra a “padronização”.*

- *Existência de uma visão de que é impossível se fazer qualquer mudança frente à realidade da falta de recursos.*

BEMOWISK (1991a) afirma que “implementar qualidade em IES não é uma tarefa simples. Nas IES há muito do que a TQM adverte *contra*” (grifo meu). Ele expõe um exemplo possível de ser encontrado hoje, relatado resumidamente no quadro 1.

Admitida a quebra da barreira ética da qualidade total na educação, a qual pode ser alcançada através de um correto exercício de *responsabilidade social*, vários autores têm procurado mostrar que há convergências entre a atual teoria e prática da qualidade total empresarial, e os valores, necessidades e expectativas das IES, inclusive, e principalmente, das instituições públicas.

Isto quer dizer que as barreiras listadas no quadro 1 são superáveis. BOLTON (1995) afirma que um “estudo de mente aberta” mostrará pelo menos cinco pontos de convergências:

(i) A ênfase da qualidade total sobre a centralidade da atuação das *peças* na produção da qualidade é de acordo com os valores humanísticos das IES.

(ii) Mesmo que os padrões acadêmicos algumas vezes façam com que os estudantes-clientes recebam serviços que eles gostariam de evitar (como as disciplinas do ciclo básico, por exemplo), ou ainda modifiquem expectativas em vez de satisfazê-las, *finalmente* é para trazer satisfação quanto à capacitação profissional que tais “imposições” são feitas.

(iii) A qualidade total na Educação é qualidade total na prestação de *serviços*, a qual não exige a mesma “redução de variabilidade” e “uniformização” que a indústria (de bens) exige, já que serviços são intangíveis (devem ser experimentados para serem avaliados), são produzidos enquanto são entregues, e são adaptáveis às peculiaridades de cada particular cliente (isto é, são variáveis, neste sentido). Neste ponto, o trabalho do professor universitário é central

Quadro 1. Algumas incongruências entre TQM e Educação

TQM		Educação	
1.	Trabalho em equipe	6.	Professores são autônomos, estabelecendo seus cursos como eles querem.
2.	Demanda uma organização “enxuta”.	7.	O sistema universitário tem muitas camadas ou níveis (reitores, pró-reitores, chefes de departamentos, deões, deões assistentes, etc.).
3.	Demanda um ambiente sem medo.	8.	A carreira docente é freqüentemente desenvolvida com insegurança.
4.	Demanda um sistema onde qualidade é projetada, não inspecionada.	9.	O sistema educacional é ele mesmo um processo de inspeção do tipo “aceita ou rejeita”.
5.	Busca satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes.	10.	Se os clientes são os estudantes, como poderia um jovem de 18 anos de idade saber sobre sua educação para mais tarde servir à sociedade?

na qualidade da educação, e pode ser visto como uma prestação de serviços (LABEGALINI, 1997).

(iv) Avaliações fazem parte da cultura da universidade (e de toda escola, no geral), assim como da qualidade total. Deste modo, a polêmica não é se a universidade deve aceitar ser avaliada, mas sim *quem, como, e para qual fim* ela vai ser avaliada. A qualidade total pode ajudar muito na eleição dos melhores indicadores, os quais, justa e efetivamente, revelarão a qualidade da organização, e de seus “produtos”.

(v) Qualidade total pode reduzir custos - um imperativo para IES na atualidade brasileira.

HUGHEY (1997), professor universitário norte-americano, corrobora esta convergência, afirmando que a interação entre indústria e educação superior “é uma via de mão-dupla”. Depois de listar uma série de benefícios que a Universidade pode operar nas empresas, através de parcerias e cooperação, ele afirma que,

Reciprocamente, negócios e indústria podem também desempenhar um papel central no esforço para manter a educação superior viável em meio ao tumulto econômico e cultural. Na batalha infundável de manter a escola capaz de responder às mudanças, os administradores da educação superior estão sempre procurando as melhores maneiras de atender as demandas de uma população estudantil cada vez mais diversa. ... Enquanto deve ser notado que o que funciona em negócios e indústria nem sempre tem aplicação direta no ambiente universitário, muito do que o setor privado faz pode ser extremamente útil para ajudar aqueles que são responsáveis em manter os altos padrões da escola numa época em que ... a educação superior está sendo ... questionada.

HUBBARD (1994) escreve seu artigo salientando que indústrias americanas têm melhorado dramaticamente sua efetividade pela aplicação de princípios da qualidade total. Diante disto, ele levanta o questionamento: “mas são os conceitos da TQM aplicáveis ao ambiente único do ensino superior? Podem as técnicas da TQM ser aplicáveis sem comprometer os valores acadêmicos tradicionais, tais como a autonomia universitária? Em resumo, pode o ensino superior aprender das fábricas?”. Este professor universitário responde esta questão relatando a experiência da universidade da qual ele era o presidente, na época de quando seu artigo foi escrito (1994). A *Northwest Missouri State University (NMSU)* é, segundo ele, uma universidade pública regional americana típica, onde foi aplicado TQM. Ao fechar o ciclo de sua exposição conceitual, que mostra (segundo ele) uma aplicação *bem sucedida* de qualidade no ensino superior, este autor salienta que :

A Educação Superior pode aprender com a indústria e com as empresas. Princípios para garantir qualidade – princípios que expressam um claro senso de missão, o interesse e unidade com as pessoas, e motivações e expectativas de ordem superior – podem ser emuladas no ensino superior.

BEMOWISK (1991b) busca sensibilizar seus leitores apresentando um “fato: a desistência escolar na Escola Superior Pública Norte-Americana é de aproximadamente 25%, chegando até em alguns casos à 50%”. Outro “fato: aproximadamente 25 milhões de americanos adultos são funcionalmente analfabetos. Mais 25 milhões de trabalhadores adultos necessitam atualizar seus conhecimentos e habilidades”. Este autor faz então uma imediata conexão com a indústria, afirmando que

A mentalidade de muitos educadores não é diferente dos gerentes de fábricas de uma ou duas décadas atrás... Educadores tendem a aceitar a noção de que é inevitável 25% de taxa de desistência.

Nas fábricas, usa-se dizer que ‘as matérias-primas não são boas’, ‘os fornecedores estão fazendo mal seu trabalho’, e ‘os funcionários não estão trabalhando’. Hoje estamos ouvindo sobre educação: ‘estudantes vem à escola não para aprender’, e ‘professores não são confiáveis’. Quando um entre quatro estudantes desistem do sistema, nós os enviamos de volta para retrabalho – ou refugamos o indivíduo. Isto não é muito diferente da indústria.

Um dos desafios de agora, como sociedade, é perguntar a nós mesmos se é possível alguns dos princípios da qualidade total serem aplicados a estudantes, não apenas a fábricas. Pode ser necessário “fazer direito a primeira vez” com novos estudantes. Pode ser necessário um padrão 6-sigma para alfabetização ou para educação superior na América. É isto uma fantasia?

Obviamente, há uma diferença entre “matérias-primas” de uma fábrica, e estudantes. Enquanto os primeiros são coisas que obedecem às leis naturais da Física e da Química, os segundos são *peças* dotadas de livre-arbítrio. Moldar e transformar matérias-primas é uma questão unicamente de competência e responsabilidade dos fabricantes — a matéria-prima não interfere no processo com sua boa ou má vontade, disposição ou indisposição. Já o produto da educação é a formação da pessoa, e isto acontece dentro dela, com sua ativa participação.

O tratamento do tema “qualidade na educação” viceja em dois ambientes teóricos principais, na atualidade :

1. O ambiente da qualidade organizacional e seus correlatos (aprendizagem organizacional, planejamento estratégico, etc).

2. O ambiente filosófico de uma educação pública e gratuita com qualidade, equidade e alcance universal, construindo pessoas aptas para uma cidadania eficaz.

Enquanto o segundo quase sempre é apresentado como excluindo o primeiro, o primeiro não exclui o segundo. Quem se posiciona desde o segundo ponto-de-vista, parece propenso a estigmatizar o primeiro ambiente, correlacionando-o com um capitalismo desumano e selvagem. Se a gestão pela qualidade total não olvidar sua responsabilidade social, nenhuma condenação preliminar pesa sobre esta teoria, sendo

perfeitamente possível ao ambiente número um abrigar harmoniosamente o ambiente número dois. Esta harmonia produzirá o conceito (híbrido) da *qualidade total na educação*.

UM PANORAMA ATUAL DA QUALIDADE TOTAL NA EDUCAÇÃO

EDWARDS (1996) observa que, já no século XVI, na Inglaterra, a qualidade dos tutores era reconhecida como fundamental para o sucesso da educação. Avançando no tempo, em meados do século XIX, a garantia da qualidade por meio de inspeção e avaliação foi estabelecida. Nos últimos anos do século XX, busca-se entender como projetar, planejar e controlar a qualidade, utilizando-se de:

1. Projetos de pesquisas sobre qualidade na educação.
2. Discussões sobre qualidade na educação, através de literatura, conferências, seminários, entre outros.

ROONEY (1996) entende que qualidade em educação tem sido dirigida preponderantemente por pressões de avaliação *externa*. Em outras palavras, o direcionador tem sido *garantia*, mais do que *gestão* ou *melhoria* (em primeira instância). Ela revela também que os estudos para a aplicação do modelo europeu de qualidade (agora conhecido como modelo de excelência) na educação fundamental mostraram que a questão chave é a identificação de quem é o *cliente*. Oito grupos de interessados (na educação superior) foram identificados:

1. Empregadores.
2. Estudantes.
3. Staff (professores).
4. Gestores da instituição.
5. Governo.
6. Equipes validadoras.
7. Equipes auxiliares.
8. Órgãos de fomento.

Entre estes interessados, há uma clara (mas não surpreendente) diferenciação de ênfases. Por exemplo, comparação de padrões entre cursos e entre instituições é considerado prioridade para o Governo, agências de avaliação e validação (concessão de autorização); porém, empregadores não se importam muito com tais critérios — um programa com objetivos claros e definidos não é uma prioridade para empregadores, mas o é para estudantes. Além disso, qualidade no processo ensino-aprendizagem deveria ser perseguida através de “constante, colaborativa e cooperativa reflexão sobre as características (considerando prós e contras) de uma particular prática ou método de ensinar e aprender”. Embora professores estejam interessados em trocar ou melhorar suas abordagens, eles não se desviam radicalmente da abordagem preferida. O conceito de *competência em ensinar* (profissionalismo do professor) é o coração do processo de aprender. Este é um aspecto tradicionalmente desprezado na educação superior, mas que,

nos próximos anos se tornará um item de maior peso nos processos de avaliação. A docência no ensino superior tem sido discutida num contexto de *educação de adultos* (uma “andragogia”), e tem recebido maior atenção agora (CAPPELLETTI, 1992; MASETTO, 1992).

HANNAH (1996) entende que a qualidade na educação não é somente alcançar padrões de desempenho (notas e conceitos, por exemplo). Qualidade na educação é “o sucesso com o qual uma IES provê ambiente educacional que habilita estudantes a, efetivamente, alcançarem significativos objetivos de aprendizagem, incluindo apropriados padrões de desempenho escolar”. Esta interpretação relaciona-se à interpretação de qualidade como “conformidade às especificações”. Ele sabe que outros têm enfatizado “satisfação do cliente” como a característica-chave da provisão de qualidade na educação, o que revela que ambos os pontos-de-vista estão sendo adotados por instituições que intentam construir um sistema de garantia da qualidade.

Na opinião deste autor escocês, algumas escolas têm considerado um específico modelo de *TQM* como a sua abordagem, do mesmo modo como é formulado para a indústria, mas, para ele, isto é uma tarefa gigantesca e inadequada (“mamutiana”).

De fato, outros modelos para qualidade têm sido considerados para a educação, entre os quais a ISO 9000, o Modelo Europeu para Excelência Empresarial, e modelos mais particulares, como o *Scottish Quality Management System*. Este último, aplicado à educação superior, prescreve 14 critérios-padrão para serviços de educação e treinamento, dos quais o primeiro enfatiza o valor e a necessidade absoluta de *liderança* para a qualidade. Este professor universitário escocês também entende que a construção da qualidade na educação exige um processo de auditoria e avaliações, sendo estas primeiramente internas (“auto”), para serem depois validadas externamente. A seqüência proposta seria:

- 1ª) Auto-auditoria.
- 2ª) Auditoria externa.
- 3ª) Auto-avaliação.
- 4ª) Avaliação externa.

SPARKES (1996) afirma que há uma simplificação demasiada quanto ao modo como a qualidade na educação é pensada, normalmente uma simples (leia-se, “inadequada”) transposição de conceitos da indústria. Vê-se a educação (ou o indivíduo educado) como um “produto” a ser oferecido ao mercado de trabalho ou à sociedade, sobre o qual “pouco” deve ser feito em termos de mais investimentos — a universidade deve produzir um profissional “pronto para ser usado”.

Conforme este teórico da qualidade na educação, o ensino superior pode ser visto como a produção de um ambiente propício para *aprender*, em vez de uma estrutura para *ensinar*. Assim, qualidade é vista mais *como* pode-se levar estudantes individual e coletivamente a aprender bem, do que em como fazer a escola ensinar melhor.

Qualidade é considerada, por ele, como “conformidade a especificações”, a qual pode ser traduzida em ensino

superior como “habilitação de estudantes para alcançarem meritórios objetivos de aprendizagem especificados”. Considerar que educação é um produto que é “entregue” à estudantes é uma atitude insatisfatória, porque educação é muito complexa para simplesmente ser “entregue” (por exemplo, na forma de “aulas”). Para o professor Sparkes, a melhor definição de um bom ensino é “a criação de ambiente educacional no qual os estudantes podem efetivamente alcançar os objetivos de aprendizagem”.

HUBBARD (1994) relata a experiência da *North Missouri State University (NMSU)*. Os principais pontos da investida para a qualidade da educação nesta universidade norte-americana foram:

Benchmarking. Decidiu-se usar o TQM particularmente no aspecto acadêmico da organização. Ele acredita que, “de todas as técnicas utilizadas em TQM, o *benchmarking* é a que mais facilmente se adapta à educação, e também é a mais importante para esta área, porque:

- (i) Faz surgir expectativas e motivações.
- (ii) Sem *benchmarks*, metas têm a tendência de serem “para si mesmas”, acomodativas, preservando o *status quo* vigente, sem mudanças significativas.

BRAZ (1997) também preconiza a utilização do *benchmarking* “nas escolas da Rede Municipal de Ensino de São Paulo, visando apresentar um modelo de aplicação auto-sustentada”. Ele conclui que,

Na prática, verificamos que, no conjunto da Rede, os diretores de escola, com suas equipes, já encontraram soluções e/ou alternativas para muitas das dificuldades apontadas por eles mesmos como os grandes entraves para a melhoria da qualidade de ensino na Rede. Esta constatação é importante pois permite inferir que boa parte das soluções para a melhoria do ensino municipal se encontra dentro da própria Rede. Ficou patente que existe um grande potencial de ganho de desempenho a explorar, dentro das práticas já atualmente adotadas por algumas unidades escolares. ... Na verdade, pode-se chegar até a uma mudança significativa na forma de se encarar a escola, saindo-se de um pessimismo muito acentuado, para uma condição de confiança e auto-estima bastante aumentada.

Princípio da Parcimônia

Planejar esforços em educação superior é usualmente muito global, envolvendo muitos objetivos. Por causa disto, algumas vezes falha-se em distinguir entre o crucial e o trivial. Um modo de superar esta tendência é aplicar o “princípio da parcimônia”, o qual consiste em podar rigorosamente até mesmo boas idéias e programas, até que somente as idéias e programas *vitais* permaneçam. ESKILDSON (1997) assevera que, “um dos principais problemas dos programas de TQM é que eles tentam alcançar muitas melhorias de uma só vez”. Na NMSU, o princípio da parcimônia implica em poucos, mas, objetivos mais inteligentemente focalizados, definições

claras de qualidade apropriadas para a tarefa designada, poucas camadas administrativas, poucos programas, e poucas métricas avaliadoras.

Foco no cliente

HUBBARD (op.cit.) observa que os professores geralmente têm dificuldade em compreender como “foco no cliente” pode funcionar na sala-de-aula. É sua convicção que, em algumas universidades, esforços de TQM tem sido abortados por causa desta incompreensão. Na NMSU, concluiu-se que, na sala-de-aula, os estudantes, em conjunto com seus professores, são *produtores* do produto *conhecimento* para *futuros consumidores* (os empregadores ou a pós-graduação). A implicação adotada desta conclusão é que, desde que professores e estudantes devem trabalhar juntos para compreender e satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes, os estudantes devem ser envolvidos no projeto educacional e na avaliação educacional, e receberem poder para assumirem mais controle sobre sua própria educação.

Avaliação

O professor Hubbard, consoante muitas outras vozes, denuncia que “o sistema clássico de avaliação de estudantes é equivalente à inspeção no final da linha de montagem”. Sendo assim, este sistema tem vários problemas: é muito caro; frustra professores e estudantes; desde que avaliações, por sua própria natureza, classificam segundo padrões mínimos, o mínimo pode vir a tornar-se o máximo para os preguiçosos e desinteressados; uma vez que estudantes e funcionários entendem que seu desempenho está sendo medido, e em função disto serão classificados, eles empregarão seus esforços para lograr o sistema, ou para cumprir exatamente aquilo que é avaliado, mesmo que não seja o mais importante; e, a inspeção final não *previne* falhas. “A chave para, pelo menos, atenuar estes problemas, reside em avaliar não no final, para aceitar ou rejeitar, mas sim em avaliar *melhorias* ao longo do processo”.

Primazia do aspecto acadêmico

Outra característica importante do programa de qualidade empreendido na NMSU é *não* começar a qualidade nos serviços de suporte e apoio. É sua firme convicção que, na universidade, assim que o lado acadêmico estabelecer um programa de qualidade, os serviços de apoio o seguirão, mesmo porque o próprio lado acadêmico educaria para isto.

Qualidade para sempre

Outro princípio adotado como fundamental no projeto da NMSU é que a qualidade não termina. A própria manutenção da qualidade exige continuidade de busca, de aprimoramento. Neste sentido, HUBBARD (op.cit.) observa que a expressão “qualidade total” é errada, já que a qualidade nunca se esgota, se totaliza. Isto seria verdadeiro especialmente na educação, que é um processo infinito. Outra razão por que a qualidade se estende num esforço contínuo e “sem fim” é que algumas ações para qualidade são complexas e requerem anos para se dominar, testar, e refinar,

antes que elas possam ser ditas completamente implementadas. O programa de avaliação da *NMSU* é deste segundo tipo. Uma razão adicional para que a qualidade “nunca termine” é que alguns departamentos estão implementando ações mais cedo que outros, isto é, há um descompasso natural internamente, em função de limitações e peculiaridades próprias de cada setor.

BEMOWISK (1991a) relata a famosa e pioneira experiência da *Fox Valley Technical College* (FVTC), norte-americana. A *Fox Valley* perguntou a si mesma: “por que um programa de qualidade e produtividade no ensino superior?”. A resposta foi direta: “porque uma IES tem clientes. Os estudantes são clientes porque eles estão pagando pelo serviço. Empregadores que contratam os graduados são também clientes.” A questão da identificação dos clientes, por exemplo, é um tema vivo na *Fox Valley*: “o debate sobre quais destes clientes são os clientes primários continuam em algumas áreas da escola.”

A *Fox Valley* iniciou o seu programa de qualidade utilizando-se de um modelo pré-existente de melhoria da qualidade. Depois de dois anos, este modelo foi reexaminado e decidiu-se desenvolver um modelo próprio. Este modelo, e o processo de qualidade implicado, é baseado em quatro pressupostos: *educação e treinamento; melhoria de processo e produtos; mensurações; e responsabilidade gerencial para qualidade.*

A experiência da *Fox Valley* foi relatada também por BRAZ (1996), citando as informações do livro escrito por Stanley J. Spanbauer (em 1992), o líder (presidente e diretor) da *FVTC*. Estas informações mostram a dívida que o programa de qualidade na educação da *Fox Valley* tem para com os teóricos da qualidade empresarial, principalmente W.E. Deming, J. Juran, P. Crosby.

Segundo BRAZ (1996), a orientação tomada pela *FVTC* é buscar a excelência, utilizando-se dos critérios do prêmio nacional norte-americano para a qualidade empresarial, o *Malcom Baldrige National Quality Award*.

BEMOWISK (1991a) relata mais uma experiência de uma universidade estadunidense em busca da qualidade total: a *Oregon State University* (OSU). Essencialmente, os aspectos fundamentais do esforço desta IES para a qualidade foram calcados em efetiva liderança e trabalho de equipe.

Ainda BEMOWISK (1991a) informa sobre o esforço da *North Dakota University System* (NDUS) (uma universidade constituída por 11 *campi*). Em 1989, a *NDUS* estava nas mesmas condições da manufatura japonesa na década de 40: problemas financeiros; imagem pública pobre; futuro incerto, entre outros. Uma ação de recuperação foi estabelecida, a qual consistiu de uma estratégia de cinco passos:

1. Aprender sobre *TQM* através de seminários, leitura da literatura sobre qualidade, visita a instituições que têm programas de qualidade, e ligação a uma rede de conhecimentos acadêmicos sobre qualidade.

2. A alta administração da *NDUS* (o equivalente a reitoria, pró-reitorias, e corpo administrativo) foram educados em qualidade.

3. Assegurar a confiança para adotar *TQM* desde a alta administração até o nível operacional, em cada *campus*.

4. Comunicar a mensagem para cada funcionário do sistema universitário, estabelecendo um plano de 7 anos, que inclui um guia de *TQM* e um jornal para os funcionários.

5. Construção de projetos de melhoria adaptados ao passo de cada setor, mesmo que sejam pequenas melhorias.

Vindo para o Brasil, tem-se o esforço de IES do setor privado, com ações mais fragmentadas, isoladas e pontuais, dentro de suas próprias estruturas organizacionais (um ou outro departamento ou setor, ou até mesmo iniciativas particulares de docentes, e funcionários, por exemplo). Algumas destas escolas da iniciativa privada, como por exemplo, o Centro de Ciências Agrárias da PUC do Paraná (MACROPLAN, 1998), têm programas de ação calcados em planejamento estratégico de grandes proporções, o qual poderia ser classificado como uma ação visando aumentar a qualidade acadêmica da instituição.

Dentre as públicas, a UNESP (*Universidade do Estado de São Paulo*) (COBENGE, 1998) está engajada em um projeto de qualidade total acadêmica, em todos os seus *campi*.

Em se tratando da *Universidade de São Paulo* (USP), tem-se esta universidade engajada no programa de qualidade total do Estado de São Paulo, em um programa de qualidade para dentro da universidade, e em programas setoriais, como a reforma curricular da Escola Politécnica, que não deixa de ser um programa de qualidade na educação, mesmo que esta não seja “total”, no sentido aqui adotado.

Como um caso de reputação capitalizada, familiar a um dos autores deste artigo, pode-se citar a *Universidade Federal de Lavras* (UFLA). Esta está no momento celebrando uma confortável reputação de excelência na área de ciências agrárias. Desde seus primórdios, há 93 anos, seu projeto pedagógico já contemplava a qualidade, obviamente não no formato empresarial contemporâneo, mas certamente coerente com este. Quando da fundação da *Escola Agrícola de Lavras*, como um departamento de uma instituição educacional missionária evangélica norte-americana, assim informava seu prospecto, assinado pelo seu reitor (GAMMON, 1909):

Desde que fundamos o nosso estabelecimento de ensino ..., nutrimos o desejo de proporcionar aos alunos que se destinam à vida de agricultores, um curso especial de estudos que os prepare para convenientemente aproveitar as riquezas naturais da terra. ... O Brasil é essencialmente um país agrícola ... Quando falamos de “Agricultura”, empregamos o termo em sentido lato, abrangendo todas as ramificações da vida do fazendeiro ... Os interesses da classe de agricultores exigem que seja feito aqui o que se vai fazendo em outros países adiantados. Uma das coisas que tem dificultado o desenvolvimento da vida agrícola é a idéia de que o agricultor pertence a uma classe menos ilustrada ... Esta idéia é perniciosa, e, para removê-la, é preciso que a Escola Agrícola, ao passo que dá aos seus alunos a instrução necessária para a agricultura científica, lhes dê também a cultura intelectual ...

Tal deverá ser o curso da Escola Agrícola. Tudo não poderemos conseguir no princípio. Mas, começando modestamente, procuraremos melhorar o trabalho de ano em ano, até que seja realizado completamente o nosso ideal.

A Escola Agrícola de Lavras continuou como *Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL)*, e, é agora, a Universidade Federal de Lavras (UFLA). A história da UFLA é um testemunho eloqüente do valor de líderes para a realização de sonhos e projetos. O Dr. Samuel Rhea Gammon, idealizador da *Escola Agrícola*, era mestre em Artes, e doutor em Teologia, por universidades norte-americanas, e teve consigo a colaboração de missionários e professores formados em universidades norte-americanas, européias, e brasileiras. Sua liderança foi marcante para o sucesso desta instituição de ensino em Lavras.

A dívida que a atual UFLA tem com estes (e outros) líderes é marcante, e o tributo a estes homens é um fato freqüentemente observado na vida universitária desta instituição. FAEPE (1997) tributa a Samuel Rhea Gammon o título de *o idealizador* (da instituição que é a atual UFLA), a Benjamin Harris Hunnicutt o título de *o instalador*, a John Wheelock o título de *o consolidador*, e a Alysson Paulinelli o título de *o dinamizador*. Estes homens mostram a importância de líderes numa IES, para estabelecê-la, e para estabelecer sua reputação.

A TESE CENTRAL PARA A QUALIDADE TOTAL NA EDUCAÇÃO

A revisão de propostas atuais para qualidade total na educação evidencia a essência do sucesso alcançado: a existência de líderes explícitos e engajados na qualidade da educação, em cada instituição. Estes líderes trabalham de modo sistêmico nas suas instituições, dentro de *núcleos* dedicados exclusivamente a esta finalidade.

Assim como a Universidade está para a Sociedade, no que tange a liderar as organizações excelentes (OLIVEIRA, 2000), um Núcleo de Qualidade está para a Universidade, no que tange a liderança para a qualidade interna à Universidade. Este Núcleo cultivará o Modelo para a Qualidade na Educação, da instituição. Dentro deste Núcleo deve haver um Líder, o qual cultivará o espírito da qualidade naquele empreendimento educacional universitário.

Nos trabalhos em que programas de qualidade no ensino, pesquisa, e extensão e/ou parcerias, são realizados dentro das IES, estes mesmos são sempre liderados por uma pessoa da universidade. E, estes líderes, também sempre aglutinam em torno de si mais pessoas que corporificam dentro da instituição o espírito da qualidade.

Como relatos da realização desta tese, o artigo de Dean HUBBARD (1994) sobre qualidade na educação, operada pela *North Missouri State University*, informa secundariamente (mas de forma não menos importante) que ele é um professor universitário, e, como o próprio presidente

da universidade, ele é também o presidente do Núcleo de qualidade total da instituição. Em outras IES, o líder da qualidade pode não ser o líder da instituição (mesmo que este deva sempre se engajar), mas é necessário haver uma pessoa que preconize o espírito da qualidade, o qual também congregará um Núcleo para qualidade.

Mais ainda pode-se corroborar tal assertiva, utilizando-se da exposição do professor Seldon WHITAKER (1995), diretor executivo do *The Center for Total Quality Schools*, da *Penn State University*, nos Estados Unidos. Ele mesmo é o líder da qualidade na educação nesta citada universidade norte-americana, sendo *The Center* o elemento nucleador para a qualidade na *Penn State*, e esta um dos agentes da qualidade educacional estadunidense. BRAZ (1997) conclui sua pesquisa científica sobre programas de qualidade em escolas públicas de educação básica na cidade de São Paulo, afirmando que “é necessário um empenho pessoal do diretor na busca de melhorias, cabendo a ele a iniciativa, o incentivo, e o apoio para que o trabalho se desenvolva”.

CONCLUSÃO

Preconizar a existência de lideranças aglutinadas para a qualidade (o Líder mais o Núcleo) não é dizer que o ímpeto para a qualidade origina-se, ou deva ficar, somente neles. O que se afirma é que *há a necessidade* desses líderes, pelo menos nos estágios iniciais do processo. Toda liderança bem sucedida enfoca o aspecto *educacional* da instituição. Concentrar-se apenas em programas, estrutura de sistemas de garantia, métodos, técnicas e ferramentas, por melhores que sejam, não vai fazer acontecer a qualidade total *na educação*. Conceber sistemas cuidando apenas de aspectos estruturais é produzir um natimorto. Este equívoco reforça e dá sentido mais ainda às críticas dirigidas à qualidade total na educação, desqualificando-a como capaz de melhorar o ensino (ENGUITA, 1995 e GENTILI, 1995).

Mais uma razão importante para a existência compulsória de um Núcleo liderado para a qualidade é o fato de que “não há outra forma de alguém”, na organização, “participar ativamente de um projeto de implantação de qualidade na educação que não seja por adesão *espontânea*” (grifo meu) (BARBOSA et. al., 1995). A voluntariedade de engajamento imprime um caráter de convencimento pelo testemunho, o qual exige a construção e a manutenção de uma grupo de pessoas comprometidas com a qualidade na educação, no sentido aqui delineado, dentro da organização. Esta congregação de pessoas motivadas anunciam através de seu engajamento, entusiasmo, mudança comportamental, e conquistas, um melhor estilo de vida profissional. Sem a liderança deste grupo, a proposta não terá visibilidade, e não terá catalisação. Não acontecerá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, E.F.; et al. *Implementação da qualidade total na educação*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni/Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 188p.

- BEMOWISK, K.. Restoring the pillars of higher education. *Quality Progress*, Miliwaukee, v.24, n.10, p.37-42. 1991a.
- BEMOWISK, K. América 2000. In: QUALITY PROGRESS, v.24, n. 10, p.45-8. 1991b.
- BOLTON, A. A rose by any other name : TQM in higher education. *Quality Assurance In Education*, West Yorkshire, v.3, n.2, p.13-18., 1995.
- BRAZ, M.A.. *Qualidade na educação : um estudo para a aplicação de "Benchmarking" nas escolas da Rede Municipal de Ensino de São Paulo*. São Paulo, 1996. 35p. Texto para a Qualificação (Mestrado) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BRAZ, M.A.. *Um estudo para aplicação de "benchmarking" nas escolas da rede municipal de ensino de São Paulo*. São Paulo, 1997. 177p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CAPPELLETTI, I.F. A docência no ensino de Terceiro Grau. In: D'ANTOLA, A. org. *A prática docente na Universidade*. São Paulo, EPU, 1992.
- COBENGE - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. São Paulo, 1998. *Anais*. São Paulo, ABENGE/Universidade São Judas, 1998. CD-Rom.
- EDWARDS, D. A brief history of quality issues in higher education. *Quality World Technical Supplement*, London, 1996.
- ENGUITA, M.F. O discurso da qualidade e a qualidade do discurso. In : GENTILI, P. A. A.; SILVA, T. T. da. *Neoliberalismo, qualidade total e educação*. Petrópolis, Vozes, 1995. 204p.
- SKILDSON, L. Surviving — and thriving — in a hypercompetitive economy. *National Productivity Review*, v.16, n.2, p.9-24, 1997.
- FAEPE – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa, e Extensão. *Lavras-Cultura*. Lavras, 1997. 29p.
- GAMMON, S.R.. *Prospecto do Instituto Evangélico*. Lavras, Casa Editora Presbiteriana. 1909. 21p.
- GENTILI, P. A. A. O discurso da qualidade como nova retórica conservadora no campo educacional. In: GENTILI, P.A.A.; SILVA, T.T. In: *Neoliberalismo, qualidade total e educação*. Petrópolis, Vozes, 1995. 204p.
- HANNAH, I.. The management of quality in higher education : a perspective from Scotland. *Quality World Technical Supplement*, Londres, September, 1996
- HUBBARD, D.L. Can higher education learn from factories? *Quality Progress*, Milwaukee, v.27, n.5, p.93-7, 1994.
- HUGHEY, A. W. What higher education can learn from business and industry . *Industry and Higher Education*, London, v.11, n.2, p.73-8, 1997.
- LABEGALINI, P.R. *O papel do professor universitário na qualidade de serviço*. São Paulo, 1997. 215p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MACROPLAN. *Planejamento Estratégico de Negócios*. Curitiba, CCAA-PUCPR, 1998. (Memória Técnica).
- MASETTO, M. T. *Aulas vivas*. São Paulo, MG Editores, 1992. 104p.
- OLIVEIRA, M.S. de. *Qualidade na educação universitária*. São Paulo, 2000. 267p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- ROONEY, M.. Assuring quality in higher education. *Quality World Technical Supplement*, London, September, 1996.
- SPARKES, J.. Quality in higher education. *Quality World Technical Supplement*, Londres, September, 1996.
- WHITAKER, S.V. Gestão da qualidade no ensino americano. In: *Relatório técnico do IV encontro técnico do projeto de especialização em gestão da qualidade*. Curitiba, 1995. 119p.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



José Joaquim do Amaral Ferreira.

Engenheiro Mecânico de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1972. Mestre em Engenharia de Produção, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1975; Master of Science in Industrial Engineering, na Stanford University, USA (1976). Doutor em Engenharia de Produção, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1983. Estágios de Pós-Doutorado: BSI – British Standards Institution (SET/OUT – 1988). Engenheiro. Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. Diretor da Fundação Carlos Alberto Vanzolini. Áreas principais de atuação: ensino de graduação e pós-graduação, certificação de Sistemas da Qualidade. Tema de interesse atual no campo de atuação na educação em Engenharia: qualidade no ensino.



Marcelo Silva de Oliveira.

Engenheiro Agrícola pela Escola Superior de Agricultura de Lavras em 1985. Mestre em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas em 1991. Doutor em Engenharia pela Universidade de São Paulo, em 2000. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Lavras, atuando no ensino de graduação e de pós-graduação, na pesquisa, na extensão universitária, e na administração de órgãos da universidade. O principal interesse no campo da educação em Engenharia é a qualidade do ensino.

PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA PUC-CAMPINAS DIANTE DAS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES

Orlando Prado Fernandes Filho¹

RESUMO

Os Projetos Pedagógicos dos cursos de Engenharia da PUC-Campinas refletem os últimos acontecimentos ocorridos na área da educação do ensino de engenharia, desde a nova Lei de Diretrizes e Bases até as Diretrizes Curriculares dos cursos superiores. O presente trabalho dissertará resumidamente o Projeto Pedagógico do curso de Engenharia Civil, implementado em 2000, mostrando histórico, justificativas, objetivos e os fundamentos do curso, calcados em três pilares: Político-Institucional, Epistemológico e Técnico-Pedagógico. A metodologia que norteou os trabalhos do Projeto Pedagógico foi dividida em três etapas: a primeira etapa foi a Teia de Tendências; a segunda, a pesquisa sobre a opinião dos alunos sobre o curso e a terceira, a proposta dos Departamentos sobre as disciplinas do curso. Em seguida, o projeto determinou os objetivos gerais e específicos do curso.

Palavras-Chave: Projeto pedagógico, Curso de engenharia civil, Diretrizes curriculares

ABSTRACT

The Pedagogic Projects provided for the Engineering courses of PUC-Campinas reflect the last events occurred in the area of engineering education and teaching based upon the new "Lei de Diretrizes e Bases" (Brazilian Law of Education) and the "Diretrizes Curriculares" (Directive Law Disciplines), regarding the undergraduate courses. This study presents the Pedagogic Project of the Civil Engineering Course, introduced in 2000, showing the history, justifications and objectives of the project, as well as the fundamentals of the course, grounded in three aspects: Political-Institutional, Epistemological and Technical-Pedagogic. The methodology used for the Pedagogical Project was divided in three steps: the first one was the "Web of Tendencies"; the second one was the research regarding the opinion of the students about the course and the third, focused on the suggestions offered by the Departments regarding the disciplines of the course. Subsequently, the general and specific objectives of the course have been established.

Keywords: Pedagogic project, Civil Engineering course, Curricular Directives

INTRODUÇÃO

Este trabalho é um resumo do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Tecnológicas da Universidade Católica de Campinas, realizado em 1999, pelo grupo de trabalho formado pelos Coordenadores de Cursos, Coordenadores de Departamentos e Direção.

O período histórico em que vivemos é caracterizado por grandes transformações. A sociedade avança a um ritmo muito superior ao de suas estruturas. Segundo Escotet (1998), a Universidade reage com certo atraso aos acontecimentos e continua ensinando a lidar com variáveis de processo

estático, modelos de previsão com base em séries históricas, exercícios de memória e informação deficientes.

A revolução do conhecimento que estamos vivendo pede um profissional universitário com formação dentro de currículos flexíveis, com a capacidade de formulação, análise e solução de problemas, capaz de adaptar-se a processos e tecnologias novas, com grande dose de criatividade e a firme predisposição para uma educação por toda a vida.

Assim, há necessidade de a FCT² desenvolver um programa de reestruturação, dentro das novas perspectivas que se tem da PUC-Campinas. Também no sentido de propiciar um caminho para o desenvolvimento das áreas

¹ Professor, Mestre em Educação. Faculdade de Ciências Tecnológicas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas, R. Waldemar Cesar da Silveira, 105, Swift, CEP 13045-270, Campinas, SP. Fone: (19) 3776-6716/3776-6757, Fax: (19) 3776-5500. Doutorando em Engenharia. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Engenheiro Civil. E-mail: orlando@dglnet.com.br

tecnológicas, rompendo barreiras, através de um trabalho que contemple as necessidades dos cursos.

Mudanças estruturais requerem significativo aporte de energia e seu sucesso está condicionado à mobilização de todas as partes envolvidas no sistema para o delineamento de um projeto "ancorado" em uma visão de futuro consistente e desafiadora.

A proposta de reestruturação da FCT está firmada no estabelecimento de um projeto da Unidade compatibilizado com o projeto da PUC-Campinas. Assim, o currículo é analisado como um projeto de formação, considerando os determinantes internos e externos que interferem na constituição do conhecimento que o graduando deve ter. Não obstante, o exercício docente através de sua capacitação técnico-acadêmica, técnico-pedagógica e prática em sala de aula, deve atender às expectativas de que "A Universidade deve, antes de mais nada, ensinar a pensar, a exercitar o senso comum e a soltar as rédeas da imaginação criadora." (Escotet, 1998).

Apresenta-se ainda outro aspecto bastante importante, referente ao suporte técnico-administrativo que se deve ter para obter o currículo. A compatibilização das atividades técnico-administrativas com o projeto da PUC-Campinas deve estar também ligada com o projeto da Unidade.

Assim, o trabalho envolve a Reestruturação curricular, a prática docente e o suporte técnico-administrativo da Unidade.

HISTÓRICO

O curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Tecnológicas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas realizou seu primeiro vestibular em 1972, oferecendo 300 vagas, em três períodos: matutino, vespertino e noturno, com 100 vagas cada um.

O curso foi credenciado pelo Ministério da Educação e Cultura e Conselho Federal de Educação pelo decreto n.º 79.375, de 11 de março de 1977.

Em 1978, deixou de ser oferecido o curso de Engenharia Civil, no período vespertino, e em seu lugar foi aberto o curso de Engenharia Sanitária, com 100 vagas.

Em 1992, iniciou-se a reflexão sobre a necessidade de reestruturação dos cursos de engenharia da FCT e a oportunidade de oferecimento de um curso de mestrado em Engenharia Civil.

Assim, foi constituída uma comissão para dar andamento à reestruturação e contratada a assessoria externa do Engenheiro Arthur João Catto para a especificação de um curso de mestrado em Engenharia Civil, o qual em função da dinâmica adotada veio contribuir com os trabalhos da Comissão de Reestruturação Curricular.

O trabalho realizado pela assessoria externa, no período de dezembro/92 a março/93, desenvolveu-se a partir de

reuniões semanais com a Direção e professores da FCT, de visitas a outras escolas de Engenharia (EESC-SP e FEC-Unicamp), e de consulta a catálogos de diversos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil nacionais e estrangeiros. O relatório final dessa assessoria, apresentado em abril/93, faz um estudo comparativo detalhado entre o currículo da Engenharia Civil da PUC-Campinas e o mínimo exigido pelo Conselho Federal de Educação e, ainda, com os currículos de três outras escolas de Engenharia. Essa análise comparativa serviu de subsídio para que a comissão de reestruturação elaborasse uma proposta para um novo currículo e a encaminhasse para discussões nos Departamentos.

Em novembro/93, a resposta solicitada aos Departamentos sobre a análise do currículo proposto pela Comissão de Reestruturação Curricular não foi satisfatória, o que conduziu a Comissão a reelaborar a proposta e solicitar nova análise aos Departamentos até 25/04/94 (o prazo para o encaminhamento da proposta de Reestruturação Curricular para análise e deliberação pelo CONCEP³ era até 30/05/94). Os Departamentos se reuniram e discutiram a proposta enviada pela Comissão. Em seguida, o CONDEP⁴ decidiu reanalisar o projeto proposto, pois não houve tempo hábil para uma ampla discussão nos Departamentos e era exíguo o tempo para encaminhar a proposta ao CONCEP.

Em 1995, com as alterações da Direção, Vice-Direção, Coordenadores de Curso e CONDEP, iniciou-se a análise dos problemas da FCT e das prioridades de 1995, quando novamente aparece, como uma das principais prioridades, a necessidade de desenvolver atividades junto aos Departamentos, a fim de criar subsídios para início de uma futura Reestruturação Curricular, bem como redefinir o perfil e a estrutura dos cursos de engenharia civil e sanitária. Iniciou-se, também, a discussão sobre reestruturação curricular no âmbito da Universidade, na 198.^a reunião do CONCEP, quando, por sugestão da Vice-Reitoria para Assuntos Acadêmicos, os Conselheiros deliberaram que a PUC-Campinas deveria suspender, por um ano, seus processos de reestruturação curricular, a fim de que amplo debate pudesse ser desencadeado na Universidade.

Foi então apresentado ao CONCEP um cronograma de trabalho em duas etapas: a primeira, para 1995, teve como objetivo desencadear ampla discussão nas Unidades Acadêmicas, a fim de que em dezembro/95 fosse apresentada ao Colegiado uma proposta de diretrizes para Reestruturação Curricular. A segunda etapa, para 1996, propunha dar continuidade à reflexão sobre currículo na PUC-Campinas e organizar o II Seminário, a fim de socializar as experiências curriculares.

Em abril/95 foi realizado o I Seminário sobre Currículo, com o objetivo de discutir concepções de currículo, socializar experiências de currículo em construção, refletir sobre os determinantes internos e externos que interferem na concepção e organização do currículo.

³ FCT – Faculdade de Ciências Tecnológicas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas

³ CONCEP - Conselho de Coordenação de Ensino e Pesquisa

⁴ CONDEP - Conselho dos Departamentos da FCT

Paralelamente, no âmbito Federal, o MEC estava em fase de conclusão e aprovação da nova Lei de Diretrizes e Bases na Educação.

Em 20/12/96 foi aprovada a lei 9394 sobre a nova LDB⁵, e a SESu - MEC convocou, mediante o Edital n.º 04/97 de 10/12/97, segmentos da sociedade para apresentação de proposta sobre Diretrizes Curriculares dos cursos superiores.

Paralelamente, O Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), pela Decisão Plenária PL-1021/98 de 24/10/97, instituiu os Grupos de Trabalhos (GT) de Ensino para as áreas da Engenharia, Arquitetura e Agronomia, com a finalidade de desenvolver ações com vistas a promover a integração dos sistemas de ensino e do exercício profissional. O Plenário do CONFEA, em sua Sessão Ordinária n.º 1277 realizada em 06/02/98, após tomar conhecimento do Edital n.º 04/97, de 10/12/97, determinou que os referidos GT's promovessem debates com os vários segmentos da área profissional e acadêmica, realizando estudos, a fim de formular proposta do Sistema CONFEA/CREAs à SESu/MEC acerca das Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia.

A ABENGE também encaminhou a proposta de Diretrizes Curriculares à SESu/MEC, com a adesão de mais de cinquenta institutos e faculdades de engenharia.

Diante desses acontecimentos, paralelamente na FCT, foram realizadas diversas atividades de Reestruturação Curricular, sempre atentas ao desenvolvimento das Diretrizes Curriculares em elaboração pelo CONFEA/CREAs e SESu/MEC.

Em 1999, com as alterações da Direção, Coordenadores de Curso e CONDEP, iniciou-se a análise dos problemas da FCT, e o principal destaque foi a Reestruturação Curricular. Foi criada a Comissão de Reestruturação Curricular, composta pela Direção, pelos Coordenadores de Cursos e Coordenadores de Departamentos, que elaborou as atividades e o cronograma para o início da Reestruturação Curricular no ano de 2000, com base nas Diretrizes para Reestruturação Curricular da Universidade (Série Acadêmica n.º 04), CONFEA/CREAs, ABENGE e SESu/MEC.

JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

O Currículo Atual é antigo e houve pouquíssimas mudanças desde sua instituição. Vários estudos de alterações Curriculares foram realizados, mas não culminaram em modificações.

A profissão de Engenheiro Civil era, antigamente, uma profissão de prestígio e a procura pelos seus cursos, muito alta; esse fato, no entanto, não ocorre mais atualmente. Por outro lado, o aumento de novas escolas de engenharia na região acarretou uma diminuição drástica na relação candidato/vaga, que se refletiu diretamente na qualidade dos alunos ingressantes, acreditando-se ser este um dos motivos do aumento no grau de reprovação e retenção dos alunos

nas séries iniciais. Fernandes Filho (1998, p. 84) afirma: "A Universidade Brasileira enfrenta atualmente diversos desafios, sendo um deles a expansão quantitativa do ensino superior, principalmente na região de Campinas, onde novas escolas de engenharia surgiram alterando o nível do aluno oriundo do vestibular; devido à redução da relação do número de candidatos por vagas no vestibular, houve queda no nível de desempenho nas disciplinas do primeiro ano, dada a queda do nível de desenvolvimento cognitivo dos ingressantes".

"O nível de desenvolvimento cognitivo dos ingressantes é muito baixo; encontram-se no período intermediário entre o pensamento formal e o pensamento concreto 13% na EC⁶ e 11% na ES⁷. Os ingressantes que dominam o pensamento concreto somente 27% da EC e nenhum da ES". (Fernandes Filho, 1998, p. 86).

Diante do exposto, conclui-se que a nossa clientela de alunos vem mal preparada e o primeiro desafio que temos de enfrentar é o baixo nível de desenvolvimento cognitivo do aluno ingressante. Na pesquisa de Fernandes Filho (1998), nota-se que na visão do corpo docente e discente dos cursos, o principal motivo para o alto grau de reprovação é a deficiência do segundo grau, seguido de pouco tempo disponível e falta de vontade para estudar, deficiência dos professores em saber transmitir o conteúdo das disciplinas, aprendizado mecânico, ausência de raciocínio, classes lotadas, nível dos exercícios dados, o número de disciplinas do primeiro ano e o pequeno número de exercícios apresentados pelo professor.

Outros diagnósticos e diretrizes da situação atual:

- na pesquisa "Relatório das Opiniões dos Alunos da FCT - PUC-Campinas", verifica-se que: 46,2% dos alunos acham que o curso não está preparando adequadamente o profissional para o mercado; 51,8%, que a carga horária não é adequada; 52,6%, que o número de aulas diárias não é adequado; 63,1%, que o número de alunos por sala, nas aulas expositivas é excessivo; 50,7%, que o número de alunos por sala nas aulas de laboratório é excessivo; 67,9%, que quatro aulas de uma mesma disciplina em seqüência atrapalha o rendimento escolar; 78,6%, que o Laboratório de Informática não é adequado para a utilização em todas as disciplinas do currículo; 70,1%, que as instalações físicas da FCT não são adequadas para o desenvolvimento de todas as disciplinas do curso; 32,4%, que a duração (número de anos) do curso não é adequada para a preparação do profissional; que apenas 34,6% freqüentam a Biblioteca regularmente; 61,2%, que o acervo da biblioteca não é suficiente para o desenvolvimento de todas as disciplinas do curso; que 62,3 % não têm disponibilidade para estudos extraclasse e 63,9%, que o curso não está atendendo plenamente às expectativas iniciais.

⁶ EC - Engenharia Civil

⁷ ES - Engenharia Sanitária

⁵ LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira

- nas avaliações realizadas pelo MEC (1996, 1997 e 1998), através do "Provão", nossos conceitos foram, respectivamente, "C", "D" e "D".

- as recomendações dos especialistas da SESu/MEC em 1998, quanto à melhoria da organização didático-pedagógica, qualificação do corpo docente e instalações de nossos cursos (disponíveis na FCT).

- as Diretrizes Curriculares do Sistema CONFEA/CREAs, ABENGE e da SESu/MEC que apontam os caminhos que norteiam a reestruturação dos cursos de engenharia, em nível nacional.

Os aspectos supra-referenciados apontam a necessidade de Reestruturação do Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Tecnológicas.

A reestruturação proposta buscou atender aos seguintes objetivos:

- oferecer um currículo adequado às exigências da sociedade contemporânea;
- flexibilizar sua estrutura permitindo que o aluno participe de sua construção;
- propiciar ao estudante outras formas de vivência acadêmica e de construção do conhecimento;
- atender diretrizes da LDB, da SESu-MEC, e da própria PUC Campinas;
- fortalecer a área tecnológica dentro da nossa Universidade com a construção de um curso que venha a ser referência de qualidade na região.

FUNDAMENTOS DO CURSO

O curso estrutura-se em três pilares fundamentais: político-institucional, epistemológico e técnico-pedagógico.

Político-Institucional

A intensificação do ritmo em que novas tecnologias vêm sendo introduzidas na produção, aliada ao processo de globalização da atividade econômica hoje em curso, traz profundas transformações no mundo do trabalho e desafios crescentes no campo da Educação, da qualificação dos trabalhadores e da definição das profissões.

A revolução do conhecimento que estamos vivendo pede um profissional universitário com formação dentro de currículos flexíveis, com capacidade de formulação, análise e solução de problemas, capaz de adaptar-se a novos processos e tecnologias, com grande dose de criatividade e firme disposição para uma educação para toda a vida.

As tendências nacionais e internacionais para o ensino superior e especialmente para o ensino de engenharia apontam a necessidade de uma Universidade engajada no contexto ético, social, político e econômico global, onde seus estudantes sejam o sujeito de seu processo de aprendizagem, seus professores tenham uma visão crítica e transdisciplinar de suas atividades e compartilhem essa visão com seus alunos.

Assim, surgiu a necessidade da FCT desenvolver sua reestruturação curricular fundamentada nesta nova visão de

Universidade; para tanto, o desenvolvimento e fortalecimento das áreas tecnológicas são de fundamental importância.

Epistemológico

A profissão do engenheiro vem-se transformando. Além de projetista, o engenheiro é também pesquisador, gerente de produção, administrador, cada vez mais empreendedor, trabalhando como profissional liberal.

O novo engenheiro deve ter uma sólida formação científica básica e uma amplitude maior da educação geral e superior, que lhe permitam não apenas dominar as novas tecnologias que vão surgindo, como também monitorar e desenvolver os avanços científicos e tecnológicos. Deve ser capaz de "aprender a aprender".

O curso de Engenharia Civil deve fortalecer a formação científica dos seus alunos, para o fomento às atividades produtivas, de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Atualmente, o que se pretende não é a de especialização pura e simples, seguindo as demandas imediatas da produção e dos serviços, mas sim uma formação científica e tecnológica sólida, mais generalista, em que o profissional seja capaz de absorver as mudanças rapidamente.

Assim, deverão ser valorizados, ao longo do curso, mecanismos que desenvolvam no aluno a cultura investigativa; os quais propiciem uma abordagem multidisciplinar, integrada e sistêmica de todas as questões de Engenharia.

Técnico-Pedagógico

Em novembro de 1996, a Conferência Regional da Unesco sobre políticas e estratégias de reforma do ensino superior na América Latina e Caribe proclamou em seus documentos:

"É necessário introduzir no ensino superior métodos pedagógicos fundados na aprendizagem, para formar profissionais, que beneficiados por ter aprendido a aprender e a empreender, estejam em condições de criar seus próprios empregos, ter sua própria unidade de produção e contribuam assim para reduzir o flagelo do desemprego. Importa, igualmente, promover o espírito de investigação, dotando o estudante de ferramentas necessárias à pesquisa sistemática e permanente do saber, o que implica rever métodos pedagógicos em vigor e dar ênfase, não mais na transmissão de conhecimento, e sim, para a produção do conhecimento. Assim, os alunos terão em suas mãos os instrumentos para aprender a aprender, a conhecer, a viver junto e a ser."

Acreditando ser este o caminho para um ensino superior de qualidade e engajado com compromissos sociais regionais e globais, é que a FCT vem fundamentar as diretrizes pedagógicas para seus cursos.

Tais diretrizes se pautam em:

- **Carreira docente** - a Unidade, através de sua direção e corpo docente, dispo de instrumentos a serem oferecidos pela Universidade deverá aumentar o número de professores

em carreira docente de tal forma a compor, juntamente com outras Unidades afins (Geografia, Arquitetura, Informática, Educação, Química) núcleos de desenvolvimento de pesquisa.

- **Núcleos de pesquisa** - estabelecimento de linhas de pesquisa firmada nos cursos que oferece, nos projetos de carreira de seus docentes e na integração com outros cursos da Universidade, de maneira a garantir a transdisciplinaridade. A visão de pesquisa como princípio científico e educativo tem implicação a extensão. Assim a FCT deverá reestruturar seu Escritório Técnico de Apoio à Comunidade - ETAC⁸, transformando-o em instrumento facilitador de intervenção nas realidades locais. Essa reestruturação teve seu início em 2000 e deverá se prolongar à medida que as linhas de pesquisa forem se consolidando dentro da Unidade.

- **Atividades curriculares** - tais atividades, seja dentro de disciplinas, de estágio supervisionado, seja de trabalho de conclusão de curso, deverão desenvolver uma relação teórica e prática, buscando a articulação dos dados da realidade com o conhecimento elaborado, fazendo com que o aluno desenvolva sua criatividade e senso crítico frente às inúmeras situações que se configurarão na sua vida profissional. As atividades dentro das disciplinas serão compostas de atividades internas e externas à sala de aula (aulas expositivas, trabalhos em grupo, visitas técnicas, internet, laboratórios, palestras, atividades de campo). Cada disciplina deverá contemplar seu conteúdo de maneira que se use o maior número possível dessas diferentes formas de atividades.

A avaliação do desempenho do aluno deverá ser feita de maneira contínua, em que os aspectos qualitativos prevaleçam sobre os quantitativos. Devem ser previstas avaliações por disciplinas ao longo de cada período (semestre), e uma delas será obrigatoriamente escrita. As outras avaliações serão realizadas de acordo com a especificidade de cada disciplina e o conjunto dos resultados indicará o nível de desempenho do aluno. Quanto à avaliação do corpo docente e do Curso, será utilizado o instrumento já existente na Universidade: AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL.

METODOLOGIA

A metodologia que norteou os trabalhos de Reestruturação Curricular dividiu-se em três etapas: a primeira etapa foi a Teia de Tendência, a segunda, a pesquisa sobre a opinião dos alunos sobre o curso e a terceira, a proposta dos Departamentos sobre as disciplinas dos cursos.

A primeira etapa foi o trabalho desenvolvido na FCT que se fundamenta em décadas de experiência em *Conferências de Busca do Futuro*, originadas na Inglaterra, difundidas na Europa e EUA e trazidas ao Brasil pelo consultor André Leite Alckmin. Foram aplicadas em empresas, instituições governamentais e Universidades,

incluindo-se UNICAMP e USP (IEE). As conferências são realizadas em três dias de duração, envolvendo cerca de 80 participantes.

O fato de colocar representantes de todos os segmentos envolvidos para dialogar direta e pessoalmente sobre suas percepções a respeito do sistema global tem o poder de destruir "certezas", ou seja, visões parciais distorcidas, construídas a partir de apenas uma parte do sistema, e permitir a criação de um espaço para o surgimento de um novo sistema, tendo como fundamento uma base comum e compartilhada. Cumpre-se aqui uma lei natural de que quanto maior a diversidade e a pluralidade, maior é a chance de criar sistemas equilibrados e saudáveis. Há cada vez mais relatos sobre a importância em construir o futuro de uma organização contando com a participação de representantes de todos os segmentos do sistema.

O trabalho inicial apresentou como elemento básico o exercício de visão de futuro e a construção de uma teia de tendências. A visão do futuro procura liberar as pessoas dos condicionantes presentes e, em conjunto, imaginar um cenário no qual sintam que vale a pena se engajar. Esse exercício ultrapassa a suposta racionalidade praticada no dia-a-dia, incorporando elementos intuitivos, motivações, desafios, acionando a vontade de mudança para um estado futuro desejável. A teia de tendências procura estabelecer uma ponte entre o presente e o futuro visualizado, trabalhando em bases comuns e utilizando a "sabedoria grupal" para indicar caminhos que sirvam a um plano estratégico de mudanças.

O trabalho intitulado: "Que conhecimentos deve ter o engenheiro civil e o engenheiro ambiental do futuro?" visou à participação de vários segmentos que têm um papel importante na contemplação desses conhecimentos, quais sejam: Professores, Alunos, Funcionários, Ex-alunos, Empresários do setor privado e público, Instituições de Ensino e Entidades de Classe.

Devido ao curto cronograma, esse trabalho foi desenvolvido em dois dias: 26/03/99 para o curso de Engenharia Civil e 27/03/99 para o de Engenharia Ambiental. Em cada dia, o trabalho mobilizou cerca de 50 participantes. Os elementos básicos do trabalho foram o exercício de visão de futuro e a construção de uma teia de tendências.

A teia de tendências da Engenharia Civil apontou: FORMAÇÃO GLOBALIZADA / ECOLÓGICA / GENERALISTA (Interdisciplinaridade/Integração teoria-prática); EXIGÊNCIAS TÉCNICAS E SOCIAIS (Tecnologias para qualidade de vida); HABILIDADES GERENCIAIS (Organização / Planejamento / Empreendedorismo); UTILIZAÇÃO DE INFORMÁTICA (Convivência natural/Mundo virtual); TÉCNICAS DE COMUNICAÇÃO / HABILIDADE DE COMUNICAÇÃO (Idiomas/Marketing); FORMAÇÃO HUMANÍSTICA; CIÊNCIAS BÁSICAS; ADMINISTRAÇÃO DE PARCERIAS (Trabalho em equipe / Escola / Outros profissionais / alunos); PRAZER EM CONHECER (Competência essencial); CONTÍNUA ATUALIZAÇÃO /

⁸ ETAC - Escritório Técnico de Apoio à Comunidade

APRENDIZADO PERMANENTE; UTILIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS (Inovação / versatilidade / Velocidade das novas tecnologias); EXIGÊNCIAS DO MERCADO; RACIONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO; INEXISTÊNCIA DE FRONTEIRAS e INTEGRAÇÃO DA POLÍTICA EDUCACIONAL.

Caberá à liderança da FCT dar a necessária sustentação ao projeto de mudanças, mantendo acesa a chama despertada nas reuniões, garantindo, assim, a elaboração do planejamento estratégico e a execução das metas dele decorrentes.

A segunda etapa foi a pesquisa sobre a opinião dos alunos sobre o curso, com a colaboração da Prof.^a Dra. Clayde Regina Mendes, na tabulação e análise dos resultados, professora de estatística do curso de engenharia. Foi apresentado a todos os alunos do curso de engenharia um questionário composto de sete perguntas que caracterizam os sujeitos da pesquisa e 13 perguntas que expressam a opinião sobre alguns aspectos considerados relevantes para a reestruturação curricular.

A terceira etapa, realizada nos Departamentos, iniciou-se com a análise das propostas de Reestruturação Curricular anteriores, em que se procurou identificar as falhas que ocorreram durante o processo. Em seguida, analisaram-se os tópicos apontados na teia de tendências. A partir do material produzido nas reuniões com a representação interna e externa, denominado "Teia de Tendências" e das diretrizes do CONFEA, ABENGE e SESu/MEC, a Direção da FCT, juntamente com os Coordenadores dos Cursos de Engenharia Civil e Engenharia Sanitária, sistematizou seu conteúdo em tópicos que representam os conhecimentos necessários, agrupados em núcleos de estrutura curricular: Básico, Profissionalizante e Complementar.

O resultado desse trabalho foi encaminhado aos Departamentos já no formato de elenco de disciplinas como uma proposta inicial para discussões quanto às disciplinas, ementas e carga horária.

O mesmo material foi encaminhado também aos professores das disciplinas básicas, não departamentalizadas na FCT, para os quais se solicitou o mesmo tipo de discussão.

Paralelamente aos trabalhos dos Departamentos, os Coordenadores de Cursos fizeram uma "varredura" nos conteúdos de todas as atuais disciplinas, buscando o encadeamento do conhecimento do início ao fim do curso e identificando possíveis áreas de sombreamento ou lacunas.

Cada Departamento produziu sua proposta de currículo para o curso como um todo, tendo sempre como objetivo o material produzido na "Teia de Tendências".

As propostas foram analisadas e trabalhadas no seu conjunto pela Direção, Coordenadores de Cursos e de Departamento e o resultado foi apresentado na forma de elenco de disciplinas e grade curricular, no Ante-Projeto de Reestruturação Curricular dos Cursos de Engenharia - Faculdade de Ciências Tecnológicas.

Concluído o Anteprojeto de Reestruturação Curricular dos Cursos de Engenharia - Faculdade de Ciências Tecnológicas, foi feita a divulgação do trabalho ao corpo docente e solicitada dos Departamentos a análise da grade

curricular, da seriação, dos pré-requisitos e a elaboração das ementas das disciplinas.

Com a análise das contribuições dos Departamentos, foram elaboradas a grade curricular definitiva, a nova seriação, a tabela de pré-requisitos, a equivalência do Currículo Antigo x Novo, o horário e a distribuição das salas de aula.

É necessário lembrar que o Currículo deve ser flexível e, conjuntamente com os instrumentos de acompanhamento e controle, estará sujeito a ajustes em busca da qualidade do curso.

OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS DO CURSO

No International Congress on Engineering Education (Congresso Internacional de Educação de Engenharia), realizado em Chicago, em 1998, houve um consenso entre os participantes de que a nova geração de engenheiros deve ter as seguintes habilidades essenciais:

- Capacidade de síntese; conhecimento das ciências de engenharia; capacidade de formulação, análise e soluções de problemas. (A Universidade ensina a resolver o problema pronto. A vida profissional é um desafio no qual a própria formulação do problema faz parte do mesmo);
- Capacidade de atuação em projetos de engenharia. Habilidades para sistemas complexos e incertezas;
- Capacidade de trabalhar em equipe. Sensibilidade em relações interpessoais. Domínio de línguas;
- Multiculturalismo: entendimento de diferenças culturais dentro do país e em países que participem da solução de um problema e forneçam ou comprem soluções;
- Iniciativa: Capacidade de gestão, capacidade de tomada de decisão, familiaridade com tecnologias inteligentes, possibilitando oportunidades criativas;
- Formar profissionais aptos para a inserção em setores profissionais, para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, colaborando na sua formação contínua;
- Preparar para a profissão e para o auto-aprimoramento contínuo;
- Desenvolver o potencial criativo, de raciocínio e a visão crítica do estudante;
- Formar profissionais conscientes de seu papel na sociedade;
- Estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo;
- Incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e à criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive.

O resultado das reuniões ocorridas na FCT (Teia de Tendências), aponta o mesmo conjunto de habilidades necessárias aos nossos futuros engenheiros. E é com base neste conjunto de habilidades que a FCT estará formando os Engenheiros Civis na PUC-Campinas.

Perfil Profissional do Engenheiro Civil

O profissional a ser formado pelo Curso deverá estar habilitado a desempenhar as atividades de planejamento, projeto, direção, supervisão, vistoria e avaliação de obras e serviços, relativos a edificações, sistemas de transportes, sistemas de abastecimento de água e saneamento, canais, drenagem, pontes e estruturas.

O Curso deverá propiciar o desenvolvimento de habilidades para atuar em equipes multidisciplinares e para utilizar várias alternativas tecnológicas, bem como para utilizar os recursos da informática no exercício profissional. Deverá habilitar, ainda, o exercício profissional comprometido com as exigências éticas, humanísticas, sociais e ambientais.

Embasado nesses conhecimentos, o profissional formado pela FCT tem condições de desenvolver atividades de ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaios e divulgação técnica.

INSTRUMENTOS DE CONTROLE

A busca da qualidade é um caminho infinito que temos de percorrer e não podemos desistir. Nessa trilha, um aliado que motivou a elaboração do novo Projeto Pedagógico dos cursos de Engenharia da FCT foi a pesquisa "*Docência no Ensino Superior na Área de Matemática: O Curso de Engenharia.*" (Fernandes Filho, 1998), a qual identificou os motivos que conduzem ao alto grau de reprovação das disciplinas da área da matemática nos cursos de Engenharia da FCT, fomentou as discussões e, aliado à nova Direção, incentivou a construção desse novo Projeto Pedagógico, impulsionando a melhoria da qualidade do ensino da FCT.

Os instrumentos de controle são importantes na busca da qualidade, pois assim é possível medir os resultados, e como o Projeto Pedagógico deve ser construído diariamente, eles assumem um papel fundamental nesta jornada. Os instrumentos de controle implementados até o momento foram: cursos de nivelamento em Matemática; acompanhamento do desempenho dos alunos nas disciplinas; acompanhamento do grau de satisfação do aprendizado; avaliação dos professores, do nível de desenvolvimento cognitivo e do Projeto Pedagógico.

CONCLUSÃO

O Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil foi resumido neste trabalho e suprimiu sua estrutura curricular: titulação, início da vigência, duração, carga horária total, prazo de integralização, número de vagas, período de

oferecimento, duração das aulas, horário das aulas, organização curricular e modulação. As grades curriculares mostram o elenco das disciplinas que compõem o Currículo do Curso de Engenharia Civil; as disciplinas estão divididas de acordo com o conteúdo de caráter essencialmente básico, profissionalizante, complementar; apresentam-se, também, as atividades para a conclusão de curso, que compreendem o Estágio Supervisionado, Trabalho de Conclusão de Curso e as práticas de formação, consideradas como atividades autônomas de aprendizagem, pesquisa/extensão, monitoria e eventos; a equivalência do currículo novo e do antigo e vice-versa, ementa das disciplinas, quadro das disciplinas com carga horária, caracterização (teórico/prático) e semestre de oferecimento, quadro da modulação, quadro de pré-requisitos, quadro de departamentalização das disciplinas, e finalmente a infra-estrutura necessária para a implementação do novo Projeto Pedagógico.

Como meta futura está em estudo a criação da Diplomação Intermediária, ou seja, em dois anos o aluno obterá o Diploma de Curso Sequencial, mais um ano o de Tecnólogo de Nível Superior, mais um ano o de Engenheiro com Restrições e mais um ano o de Engenheiro Pleno.

O importante é ter em mente que o Projeto Pedagógico de um Curso deve ser construído diariamente através de ida, vindas e reflexões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESCOTET, M.A. *Por um novo pacto universitário*. O Correio da UNESCO, Brasil, nov. 1998.
- FERNANDES FILHO, O.P. *Docência no Ensino Superior na Área de Matemática: O Curso de Engenharia*. 1998, p. 84-86. Dissertação de Mestrado - PUC-Campinas/SP.
- MOREIRA, A.F.B. *Escola, Currículo e Construção do conhecimento*. Tecnologia Educacional, v.22, n. 118, 1994, p. 3-6.
- RAMOS, C. *Excelência na educação: a escola de qualidade total*. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1992, p.56-65.
- SANTOS, D.F. dos. *Educação Processo e/ou Produto*. Revista da FAEEBA, v.2, 1993, p.105-113.
- SASS, O. *Construtivismo e Currículo*. São Paulo: FDE, 1995, p.87-103. (Série Idéias, 26).
- SILVA, T.T. da. *Os Novos Mapas Culturais e o Lugar do Currículo numa Paisagem Pós-Moderna*. São Paulo: FDE, 1995, p.29-41. (Série Idéias, 26).
- VEIGA-NETO, A.J. da. *Currículo, Disciplina e Interdisciplinaridade*. São Paulo: FDE, 1995, p. 105-119. (Série Idéias, 26).

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR



Orlando Prado Fernandes Filho
Engenheiro Civil (PUC-Campinas, 1979),
Mestre em Educação (PUC-Campinas, 1998),
Coordenador de Estágio Supervisionado,
Presidente de Setor da Comissão de Vestibular,
professor de Geometria Analítica e Vetores,

Cálculo Numérico e Estatística, ex-Coordenador do Curso de Engenharia Civil, ex-Coordenador do Departamento de Construção Civil pela PUC-Campinas, Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Assuntos de interesse atuais: desenvolvimento cognitivo, ensino-aprendizado, reestruturação curricular e compósitos com fibra.

FLEXIBILIDADE CURRICULAR: UMA MATRIZ DE SOLUÇÃO

João Carlos Pinheiro Beck¹, Nilson Valega Fernandes² & Renato Molina da Silva³

RESUMO

Alterações radicais profundas são possíveis na reestruturação curricular da engenharia graças à autonomia conferida às Instituições de Ensino Superior na fixação dos currículos gerais pertinentes (conforme art. 53 da LDB). Esta contribuição é a complementação, na sua forma final, de uma nova estruturação curricular para cursos de Engenharia que pode ser adotada em todo país devido tanto a sua profunda estruturação quanto a alta flexibilidade em termos de redirecionamento. O modelo, chamado de matriz radial, foi profundamente pesquisado entre alunos e adaptado às atuais pretensões legais e de mercado de trabalho. Embora todo o estudo, planejamento e estruturação tenha sido efetuado para a Engenharia Mecânica, o modelo é adaptável, com as devidas adequações e substituições, a todos os ramos da engenharia. Na consolidação desta matriz de flexibilidade curricular apresentam-se o rol das disciplinas básicas e respectivos créditos de cursos de extensão, especialização, mestrado e doutorado em várias áreas de atuação.

Palavras-chaves: Currículo, Programa, Pós-graduação

ABSTRACT

Profound radical alterations are possible in curriculum reforming of engineering, thanks to the autonomy given to the Higher Education Institutions in determining the relevant general curricula (according to law number 53 of LDB - Brazilian General Directives for Education). This paper is a complement, in its final stage, of a new form of curricular structure for engineering courses that can be adopted throughout the country due not only to its profound structure, but also because it is highly flexible in terms of directioning. The model, called "radial matrix", was profoundly researched among the students and adapted to the current legalities and work fields. Although all the studies, planning and structuring were done in Mechanical Engineering, the model can be adapted, with proper substitutions, to any other field of engineering. The consolidation of this matrix of curricula flexibility encompasses a list of basic courses and their respective credits, and different possibilities for undergraduate, master, doctorate and extensive courses in various fields.

Keywords: curriculum, program, extension

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos atuais impõem uma reestruturação imediata nos cursos de engenharia em todo país (Souza, 1995).

As empresas e o comércio de hoje já são muito diferentes do que eram há dez anos. Isto não é novo, já que em outros países já há algum tempo têm sido propostas algumas modificações, estudos e pesquisas referentes à formação do profissional da engenharia, conforme Bordogna e Fromm (1993).

No Brasil, o passo legal inicial que permitiu a reestruturação dos cursos de engenharia, foi dado através da Lei n.º 9394, de 20 de dezembro de 1996, que conferiu autonomia de decisões às Instituições de Ensino Superior,

de forma a reverem e fixarem currículos compatíveis com as necessidades de nossa sociedade.

1) Visando uma reestruturação curricular bastante abrangente, foi apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, o trabalho intitulado "Uma Estrutura Curricular Contemporânea", segundo BECK, J.C.P. Neste trabalho foi apresentado um leque de disciplinas que, conforme sua estruturação, permite a especialização em várias áreas de um determinado curso.

2) Após analisadas as dificuldades curriculares encontrados em vários cursos de engenharia no que se refere à adequação estrutural do tripé ciência – sociedade – universidade, propôs-se uma configuração curricular bem mais contemporânea, integrada e objetiva.

¹ Professor. Doutor. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica. Av. Ipiranga, 6681, prédio 30, sala 167. CEP 90619-900, Porto Alegre, RS. Fone: (51) 320-3584, Fax: (51) 320-3625. E-mail: dem_feng@pucrs.br

² Professor. Mestre. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica. Av. Ipiranga, 6681, prédio 30, sala 169. CEP 90619-900, Porto Alegre, RS. Fone: (51) 320-3584, Fax: (51) 320-3625. E-mail: valega@em.pucrs.br

³ Professor. Mestre. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica. Av. Ipiranga, 6681, prédio 30, sala 169. CEP 90619-900, Porto Alegre, RS. Fone: (51) 320-3584, Fax: (51) 320-3625. E-mail: molina@em.pucrs.br

Toda diagramação e formatação de disciplinas, obrigatórias, eletivas, em conjunto com atividades universitárias trazem os alunos para dentro da Universidade, tornando-os mais participativos na dinâmica da Faculdade. Interessante, também, é que o modelo de matriz de flexibilidade curricular, com as devidas adequações, pode ser adaptada a todos os cursos de engenharia.

FUNDAMENTAÇÃO

A modificação na estruturação curricular dos cursos de engenharia é imperiosa pelas várias razões que expomos a seguir, as quais não são favorecidos pelos modelos curriculares atuais:

- Excessiva carga horária total do curso;
- Excessiva carga horária semestral;
- Acúmulo de créditos em disciplinas nas quais os alunos apresentam estatisticamente maiores dificuldades;
- Planilhas programáticas com excessiva sobreposição de conteúdos
- Acentuadas descontinuidades entre algumas disciplinas;
- Prejuízos no que se referem a salutar multidisciplinaridade (tão fundamental nos cursos de engenharia);
- Descompasso entre teoria e prática, gerando um vácuo e desnortando os propósitos da engenharia;
- Facilitação à possibilidade de ensino à distância;
- Inexistência de estímulo ao trabalho coletivo;
- Ensino centrado no professor e não no aluno (como deve ocorrer em qualquer área do conhecimento);

Por outro lado, o modelo proposto estimularia os itens a seguir:

- Incremento às atividades extracurriculares, criando consciência coletiva e espírito de grupo;
- Apresentação de disciplinas práticas já nos primeiros semestres, como forma de estímulo à área profissionalizante;
- Flexibilidade do currículo para que ele possa se adaptar às transformações dinâmicas da sociedade contemporânea;
- Possibilidade e estímulo à especialização, mestrado acadêmico, mestrado profissionalizante e doutorado;
- Condições de desenvolvimento da consciência científica, do aprimoramento e continuidade da busca do saber oportunizando o retorno às classes acadêmicas, mesmo para aqueles que há muito se desligaram da Universidade.
- Mais intensa e profunda correlação entre universidade e empresa.
- Facilitação à integração entre sociedade-estado-empresa-escola.

Estes são alguns dos pontos principais que, com certeza a nossa matriz de flexibilidade curricular irá desenvolver e prestigiar.

Sistematização dos Conhecimentos

A matriz de flexibilidade curricular proposta, está fortemente alicerçada em profundas alterações na instituição, no indivíduo, no seu comportamento e numa nova visão de

ensino-ciência-sociedade. Não se pretende um novo indivíduo, mas sim um indivíduo integrado consigo mesmo e voltado para uma sociedade atual e em transformação. A sociedade, o indivíduo, a indústria e o próprio mundo está em contínua transformação e, neste sentido, para que haja acompanhamento a esta dinâmica, um currículo contemporâneo deverá:

- Encarar o homem holisticamente;
- Estimular a criatividade individual e coletiva;
- Estabelecer elos de envolvimento com a pesquisa pura e/ou aplicada;
- Mostrar as estreitas ligações entre a teoria e a prática;
- Evitar a absurda inclinação ao ensino da ciência separada das coisas;
- Indicar que sempre o melhor caminho de qualquer problema técnico é o do raciocínio prático;
- Estabelecer as relações entre o indivíduo, a sociedade, o progresso, desenvolvimento e a profissão de engenharia;
- Desenvolver autoconfiança e segurança no desenvolvimento individual e na construção de processos e projetos em engenharia mecânica
- Habituar-se às mudanças e estar preparado para sua ocorrência;
- Estimular e desenvolver o espírito crítico;
- Orientar na utilização do ferramental adequado;
- Habituar-se à experimentação;
- Estimular a utilização dos meios de comunicação e processamento de dados;
- Desenvolver atividades em grupo;
- Trocar informações em todos os níveis.

Modelo Atual

No modelo atual não se oportuniza uma prática integrada com a teoria. A teoria é amplamente discutida, mas pouca, ou quase nenhuma prática é incentivada. Em geral os recursos práticos se resumem em algumas disciplinas básicas experimentais. Com o modelo de créditos flexíveis e de escolha individual, não só outorga-se liberdade e responsabilidade, como se permite que o aluno reforce seu conhecimento e habilidades em áreas em que ele se julgue mais fraco. Semelhantemente, os créditos de ATIVIDADES UNIVERSITÁRIAS conforme propostos, são verdadeiros vetores de desenvolvimento e integração entre a Universidade, a Comunidade e a Indústria. Podem-se atribuir tais fatos principalmente em decorrência das atividades extra-classe das quais os alunos estariam imbuídos.

A Matriz Radial

O que se resolveu chamar de matriz radial curricular é um currículo de graduação em Engenharia Mecânica com 256 créditos possuindo um núcleo comum de 222 créditos fundamentais, acrescido de 18 créditos complementares e 16 créditos suplementares. Créditos complementares : são aqueles que envolvem as áreas humanistas e de atividades universitárias. Créditos suplementares : são aqueles que compõem disciplinas profissionalizantes de fim de curso. Todos os créditos estão distribuídos de forma radial, cuja

direção permite a formação de cursos de Extensão, Aperfeiçoamento, Especialização, Mestrado e Doutorado.

Os 222 créditos fundamentais envolvem o conteúdo programático tradicional, composto por disciplinas com dois ou quatro créditos no máximo com a finalidade de distribuir os conteúdos programáticos mais facilmente e estabelecer melhor interrelação entre as disciplinas.

Neste sentido é fundamental que, imediatamente, no primeiro semestre haja um contato introdutório com disciplinas que despertem o interesse e o amor pelo ramo de engenharia mecânica. Com este objetivo é importante que se apresente aspectos introdutórios e de aplicação nas áreas de materiais, projetos e mecanismos entre outras.

Destes 256 créditos obrigatórios, doze deles são de alta flexibilidade, pois, se constituem de várias atividades onde se incluem um elenco de disciplinas, participação em congressos, atividades acadêmicas, projetos e outras atividades optativas, previamente apresentadas pela Faculdade. O objetivo destes créditos é não só oportunizar escolhas e decisões ao aluno, como também possibilitar o ingresso de atividades alternativas e programações científico-pedagógicas emergentes onde haja uma relação ampla entre professor-aluno-universidade..

As disciplinas eletivas na Engenharia Mecânica compreendem um leque envolvendo seis áreas de opções: Fluido-térmica, Automação Industrial, Materiais, Processos de Fabricação, Projetos Mecânicos e Automotiva. Caso o estudante opte por especializar-se em uma destas áreas, deverá, para cada uma das áreas de interesse completar os respectivos 24 créditos a mais. Igualmente para o caso do Mestrado e Doutorado deverão ser completados os créditos correspondentes nestas áreas de conhecimento.

A chamada matriz radial curricular é a forma geométrica da distribuição curricular que está se propondo, e estrutura-se da forma a seguir, onde 1 crédito representa 15 horas aula. Nestes termos propõe-se um curso de Engenharia Mecânica com 256 créditos, ou seja, 3840 horas/aula. Com este total o aluno obtém o Diploma de Engenheiro Mecânico.

OS CONJUNTOS DE DISTRIBUIÇÃO

A distribuição dos 256 créditos efetua-se em 3 blocos conforme discriminado a seguir.

Conjunto Fundamental

Este conjunto de disciplinas estrutura-se em 222 créditos (3.330 horas de aula), composto pelas disciplinas tradicionais, básicas e profissionais reformuladas.

Conjunto Complementar

Este bloco estrutura-se em 18 créditos (270 horas) flexíveis e diferenciados, submetidos à escolha do aluno e divididos em áreas do conhecimento e atividades, dispostos segundo as cargas horárias indicadas a seguir.

Distribuição das Cargas Horárias do Conjunto Complementar

Sessenta horas (4 créditos)

Estes créditos serão constituídos de idiomas, língua Portuguesa e/ou estrangeiras.

Noventa horas (6 créditos)

Estes créditos são compostos por atividades universitárias definidas em áreas de interesse da faculdade. Assim, a título de exemplo, poderia se considerar e atribuir horas de atividade na forma seguinte: Participação em Congressos (até 10h), Cursos (até 10h), Apresentação de trabalhos (até 20h), Publicações em periódicos (até 30h), Trabalho em projetos (até 10h). Tanto a natureza de atividade específica quanto seu número de horas é previamente determinado pela faculdade. Também durante o semestre poderiam eleger-se novas atividades universitárias, desde que amplamente divulgadas.

Cento e vinte horas (8 créditos)

São compostos estritamente por disciplinas das áreas filosóficas e sociais. Como exemplo se pode citar: Direito, Economia, Contabilidade, Administração, Didática, Religião e Psicologia.

Conjunto Suplementar

Este bloco é composto de disciplinas de final de curso num total de 240 horas (16 créditos), distribuídas da maneira indicada abaixo.

Distribuição das Cargas Horárias do Conjunto Suplementar

Sessenta horas de aula (4 créditos)

São compostas por duas disciplinas obrigatoriamente da mesma área, das seis que são oferecidas.

Cento e oitenta horas de aula (12 créditos)

São compostas por 6 disciplinas de 2 créditos, sendo uma disciplina de cada área ofertada nas seis especializações.

Integralização do Currículo Pleno

Completando os 256 créditos o aluno está apto a obter o título de Engenheiro Mecânico. Convém salientar que, dessa forma, o aluno teve contato com todas as disciplinas das diferentes áreas de especialização, tendo assim, condições de avaliar cada uma das aulas e optar por uma das especializações oferecidas.

Como vantagem podem ser citadas, também, o fato de que durante o curso de graduação o aluno poderá fazer cadeiras adicionais que, concluído o curso e completados os créditos de determinada área, lhe permitirão obter o título de especialista nas áreas referidas.

DA GRADUAÇÃO AO DOUTORADO

A matriz radial, assim construída, permite que estudantes da graduação e também diplomados externos façam cursos de Extensão, Especialização, Mestrado e Doutorado.

Resumidamente, de acordo com a fig. 1, a seguir, tem-se uma amostragem da nossa matriz radial de estruturação curricular. Veja-se que, na chamada Flexibilidade Radial, compõem-se a Graduação, Extensão, Especialização, Mestrado e Doutorado. Por outro lado a Flexibilidade Tangencial refere-se à generalização que compõe as mais diferenciadas áreas.

A matriz radial estrutura-se, portanto, da seguinte forma:

Graduação em Engenharia Mecânica

Disciplinas fundamentais (núcleo comum) – 222 créditos

Disciplinas complementares – 18 créditos da área humanística

Disciplinas suplementares – 16 créditos, sendo 2 de cada área, onde, pelo menos 4 créditos deverão pertencer à mesma área.

Curso de Extensão

Algumas disciplinas suplementares poderão constituir um curso de extensão de 30 horas a critério da Faculdade.

Curso de Especialização

Será composto por 24 créditos (12 disciplinas, portanto, 360horas) de uma mesma área, ou inter-áreas. Cursos de extensão poderiam ser validados como disciplinas para a especialização, a critério da faculdade.

Disciplinas obrigatórias para cada especialização – 24 créditos

Mestrado – Doutorado

Disciplinas suplementares adicionais poderiam ser validadas para o Mestrado e/ou Doutorado a critério da Faculdade.

Ao diplomar-se em Engenharia Mecânica o estudante poderia receber Certificados dos cursos de Extensão e Especialização realizados, dentro do prazo e amparo legal previstos.

CONCLUSÃO

Considerando-se a argumentação retroexposta, e com a configuração da matriz radial de flexibilidade curricular obter-se-ão ao menos as seguintes vantagens:

- Proporcionar adequada continuidade entre graduação e pós-graduação;
- Centrar o curso de Engenharia Mecânica no aluno, estimulando suas potencialidades e pretensões individuais;
- Estimular o redirecionamento do interesse do aluno por outras áreas e à pós-graduação;
- Ampliar as possibilidades de especialização profissional;

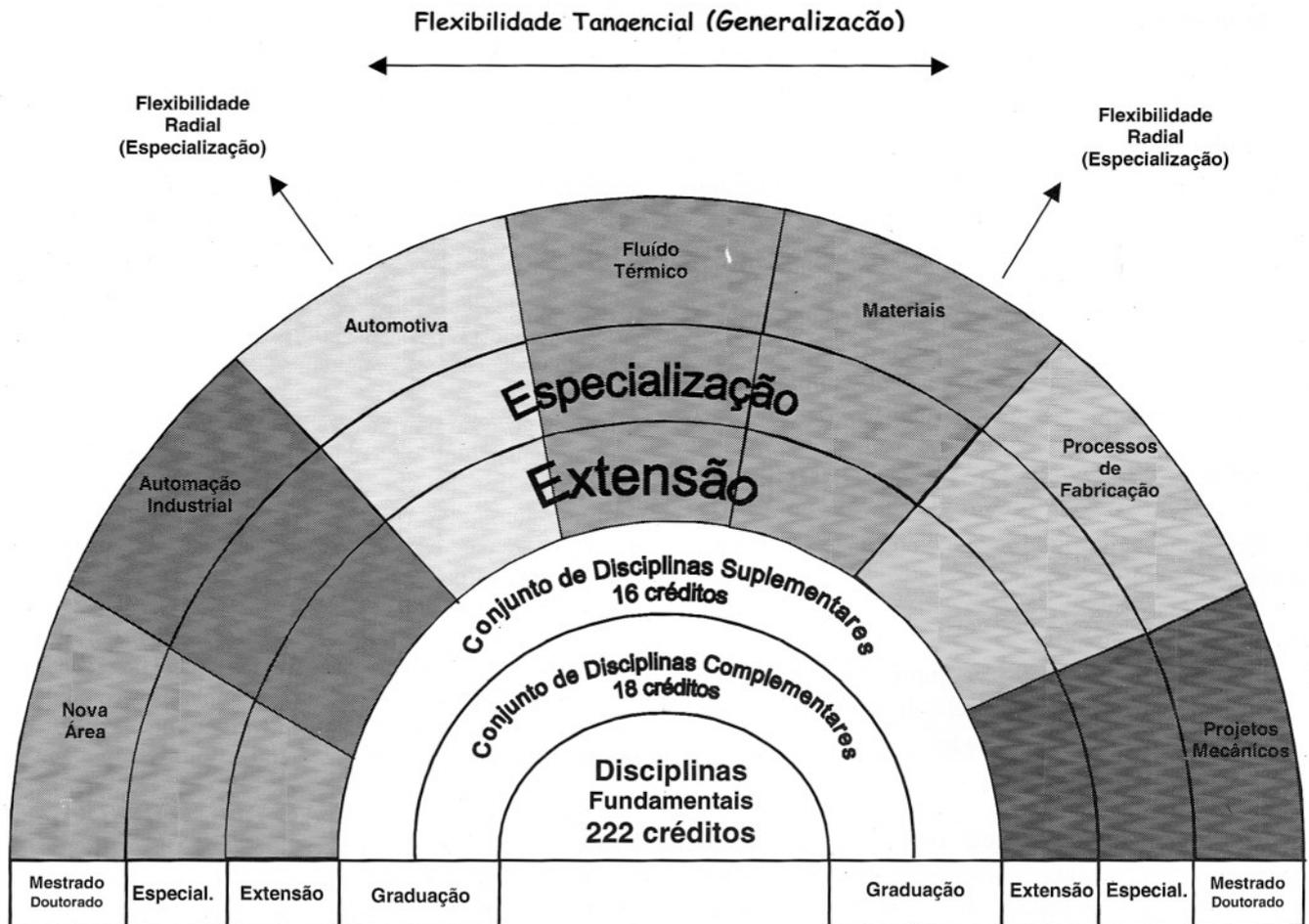


Figura 1. Matriz radial de estruturação curricular

- Possibilitar que o aluno tenha a "chance de escolha" na especialização em área científica de seu interesse;
- Fornecer condições a egressos de retornarem à Instituição para redirecionarem seus conhecimentos científicos.
- Possibilitar a ampliação do leque de conhecimentos numa ou em várias áreas.
- Garantir um conhecimento básico de todas as áreas da Engenharia Mecânica, possibilitando uma escolha mais estruturada em cursos de Pós-Graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECK, J.C. P.; FERNANDES, N.V.; SILVA, R.M. Uma Estrutura Curricular Contemporânea, XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 1999.

- BORDOGNA, J.; FROMM E.; ERNST, E.W. Engineering education: innovation through integration, "Journal of Engineering Education", January, 1993
- SOUZA, José Geraldo de. Educação Geral para a Formação do Engenheiro do ano 2000. Revista de Ensino de Engenharia, 1995.
- MCT, 1995. Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério da Educação e do Desporto. "PRODENGE – Programa de Desenvolvimento das Engenharias. Documento Básico".
- ARAÚJO, José Paulo de, Facilitando a experiência de Aprendizagem na Internet. Revista de Psicopedagogia, V. 19., N.º 52, 2000, Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



João Carlos Pinheiro Beck

Graduado em Física pela UFRGS (1973), e Eng. metalúrgica pela UFRGS (1976), mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFRGS (1983), Doutor em Engenharia de Materiais pela UFRGS (1996). Atualmente é professor adjunto e coordenador do Departamento de

Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUC-RS. Áreas de interesse: Ensino de engenharia, ciência dos materiais, instrumentação, controle e medição.



Nilson Valega Fernandes

Engenheiro Mecânico pela PUC-RS (1981), Mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFRGS (1985). Professor do Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUC-RS desde 1986. Áreas de interesse:

Ensino de engenharia, mecânica da fratura, fabricação mecânica.



Renato Molina da Silva

Graduado em Engenharia Mecânica e de Automóvel pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), 1973. Mestrado em Engenharia Mecânica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), 1977. Especialização em informática pela École Supérieure

d'Électricité, França, 1982, D.E.A. em informática pela Université de Paris XI, França, 1983. Atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUC-RS. Áreas de interesse: Modelagem matemática, análise e simulação de sistemas dinâmicos.

O ENSINO E A AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS HIDROLÓGICAS USANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

José Nilson B. Campos¹ & Ticiano Marinho de Carvalho Studart²

RESUMO

O artigo apresenta uma experiência de *aprender fazendo* sobre as incertezas inerentes ao processo de dimensionamento hidrológico de reservatórios superficiais. A experiência teve lugar no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará em curso promovido pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará e patrocinado pelo Banco Mundial e Ministério do Meio Ambiente no âmbito do programa PROÁGUA. O curso constou na aplicação do método de Monte Carlo para o dimensionamento hidrológico do reservatório Castanhão, no rio Jaguaribe. Foram geradas 30 séries sintéticas de vazões e cada aluno efetuou o dimensionamento do seu reservatório através de três metodologias distintas. Em um segundo momento, os estudantes foram reunidos em grupos de seis e lhes foi atribuída a tarefa de tomada de decisão com o conhecimento dos resultados das seis séries sintéticas do grupo. Os resultados do trabalho apontaram grandes variabilidades nas capacidades obtidas em função das séries estocásticas.

Palavras-chaves: Incertezas Hidrológicas, Ensino de Hidrologia, Reservatórios

ABSTRACT

The article presents an academic experience of *learning while doing* in the subject of reservoir sizing and its inherent uncertainties. The experience took place in the Department of Hydraulics and Environmental Engineering in the Federal University of Ceará. The course was promoted by Secretariat of Water Resources (SRH) and sponsored by the Ministry of the Environment of Brazil and World Bank in the context of PROÁGUA. The course consisted in the application of Monte Carlo's method for the sizing of the Castanhão reservoir in the Jaguaribe River. Thirty series of synthetic inflows were generated for each student and they were asked to size their own reservoir. In a second moment, the students were gathered in groups of six and the task of deciding about the reservoir capacity, knowing the results of the six synthetic series of the group was attributed to them. The paper presents the didactical methodology and the results from a group of twelve students.

Keywords: Hydrological Uncertainties, Reservoirs, Engineering Education

INTRODUÇÃO

O estudo da regularização de vazões em reservatórios superficiais constitui-se em uma das principais tarefas dos profissionais de planejamento de recursos hídricos. Os primeiros estudos de vazões regularizadas remontam ao século XIX, quando eram utilizadas somente fórmulas empíricas. Um avanço metodológico ocorreu em 1883 com

o trabalho de Rippl (Rippl, 1883), que propôs o diagrama de massas que passou também a ser conhecido como *Método de Rippl*. O Método de Rippl estima a capacidade requerida por um reservatório para regularizar o deflúvio médio afluente, baseado no conhecimento da série histórica desses deflúvios. Mesmo com limitações detectadas, este método, ainda hoje, decorrido mais de um século, mantém muitos simpatizantes.

¹ PhD, Professor Titular do Departamento de Eng^a Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, membro da Associação Brasileira de Recursos Hídricos e da International Water Resources Association. Campus do Pici - Centro de Tecnologia - Bloco 713 - Fortaleza, Ceará, CEP 60.451-970. Fone: (085) 288.9623, Fax: (085) 288.9627. E-mail: nilson@ufc.br

² Doutora, Professora Adjunto do Departamento de Eng^a Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, membro da Associação Brasileira de Recursos Hídricos e da International Water Resources Association. Campus do Pici - Centro de Tecnologia - Bloco 713 - Fortaleza, Ceará, CEP 60.451-970. Fone: (085) 288.9623, Fax: (085) 288.9627. E-mail: ticiano@ufc.br

Entretanto, o Método de Rippl não se mostrou muito adequado para aplicação nos rios intermitentes do Semi-Árido Brasileiro. Em 1937, o engenheiro Francisco Aguiar desenvolveu um método para aplicação nessa Região. O *Método de Aguiar* baseou-se na hipótese da capacidade requerida por um reservatório depender fundamentalmente da média e do desvio padrão dos deflúvios anuais. O método de Aguiar teve algumas aplicações no Nordeste e foi substituído pela regra do 2Va, pela qual a capacidade requerida por um reservatório seria igual a duas vezes o volume afluente médio anual. A prática do 2Va persistiu como prática da engenharia do DNOCS por muitos anos, só tendo sido substituída por métodos mais modernos a partir do final da década de 1960 e início da década de 1970.

Convém ressaltar que os métodos abordados são todos de natureza empírica e o processo de armazenamento em reservatórios é um processo reconhecidamente estocástico. O reconhecimento da natureza estocástica desse processo é devido a Sudler (1927) que, para criar séries sintéticas de deflúvios, embaralhou manualmente as vazões históricas colocadas em cartas de baralho. Embora limitado, este método significou um grande avanço perante a metodologia até então utilizada, sendo considerado o primeiro modelo verdadeiramente estocástico de geração de vazões da história. Porém, foi somente com o advento do computador e o conseqüente avanço dos métodos numéricos é que o tratamento estocástico do processo de armazenamento de águas ganhou maior impulso.

Todavia, as incertezas e a variabilidade de muitas grandezas hidrológicas nem sempre são aceitas e praticadas por engenheiros. A formação tradicional do Engenheiro Civil é, na maioria das vezes, extremamente determinística, dirigida que é pelos métodos de cálculo estrutural e da construção civil. Essa formação, no entanto, é limitante para um bom planejamento de recursos hídricos, principalmente no que diz respeito ao estudo de vazões regularizadas.

Dessa forma, a experiência didática apresentada no curso teve como objetivos: 1) mostrar, e ensinar, aos alunos o tratamento prático do processo de estocagem de água como um processo estocástico, 2) avaliar incertezas no dimensionamento de reservatórios através do desenvolvimento de uma pesquisa aplicada durante o desenvolver do curso; 3) despertar o espírito crítico dos alunos quanto à aplicação de métodos de engenharia e tomadas de decisões. O presente artigo relata a experiência e os resultados obtidos aplicados ao açude Castanhão.

A ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA DO CURSO

O curso foi organizado em quatro módulos: módulo de conceitos estatísticos básicos; módulo de estudos das vazões médias (regularização de vazões); módulo de estudos de cheias (dimensionamento do vertedouro) e módulo de impactos ambientais.

No módulo de estatística foram apresentados os conceitos de variável aleatória, funções de probabilidade, processos estocásticos e também o método de Monte Carlo. Na módulo

de estudos de regularização de vazões apresentaram-se os métodos de estimativa de vazões regularizadas e de dimensionamento de reservatórios. No módulo de estudos de cheias procedeu-se ao dimensionamento da estrutura do vertedouro. O módulo de impactos ambientais apresentou os principais impactos decorrentes do barramento dos rios para a formação de reservatórios artificiais.

O procedimento didático adotado para o curso visou: 1) dar aos alunos a sensibilidade quanto as incertezas envolvidas no processo hidrológico de estocagem de águas em reservatórios; 2) ensiná-los metodologias de dimensionamento de reservatórios e avaliação de vazões regularizadas; 3) introduzir os alunos no processo de tomada de decisão sob incertezas; 4) treiná-los no trabalho de equipe atribuindo, a cada um, uma tarefa específica e a obrigação de concluí-la para que o grupo pudesse ter seu trabalho finalizado.

O curso foi organizado de acordo com a seguinte seqüência: 1) a turma foi dividida em cinco grupos de seis alunos; 2) cada aluno recebeu uma série sintética de vazões anuais de 30 anos, extraídas de uma população gama com média $1.463\text{m}^3/\text{s}$ e desvio padrão $2.063\text{m}^3/\text{s}$ (valores inferidos para o açude Castanhão em estudo recentemente procedido pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará).

Foram procedidas aplicações à medida que a teoria era transmitida. As aplicações consistiram de trabalhos individuais e de equipe. No final do curso, coube aos professores proceder uma análise dos resultados para apresentação ao conjunto dos estudantes. Os resultados, após sistematizados, puderam ser sintetizados em forma de um trabalho de pesquisa. Os trabalhos individuais e de equipe estão relacionados a seguir.

Os Trabalhos Individuais

A cada estudante foi pedido proceder, com sua série personalizada, as seguintes tarefas:

- Fragmentar a série sintética anual em série mensal usando o método dos Fragmentos (Svanidze, 1980), tendo como referência a série histórica adotada no Projeto Castanhão;
- Coletar dados climáticos e geomorfológicos do reservatório Castanhão, em construção no rio Jaguaribe, no estado do Ceará;
- Caracterizar estatisticamente o regime dos deflúvios afluentes ao reservatório do Castanhão;
- Calcular a capacidade requerida para o reservatório pelos métodos de Rippl, de Aguiar e do 2Va;
- Calcular a vazão regularizada pelo reservatório através do método do Diagrama Triangular de Regularização (Campos, 1996) e a partir de simulações usando o programa SIMRES (Campos, Studart, Martinz e Coêlho, 2000).

Os trabalhos em equipe

O trabalho de equipe teve com objetivo desenvolver a capacidade de colaboração entre os componentes dos grupos e próprio exercício do *trabalhar em equipe*. Às equipes foram solicitadas as seguintes tarefas:

- Analisar os resultados individuais dos componentes da equipe;
- Tomar uma decisão sobre qual seria a vazão regularizada e a capacidade do açude considerando-se conhecidas as seis séries de volumes afluentes;

- Desenvolver os estudos da cheia de projeto e proceder o dimensionamento do vertedouro;
- Apresentar os resultados obtidos pelos grupos aos demais treinandos.

CONCEITOS BÁSICOS EM DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

O projeto do curso de dimensionamento de reservatórios utilizou alguns conceitos básicos de hidrologia. Tendo em vista mostrar a evolução de processos empíricos de dimensionamento, foram selecionados três métodos para análise, a saber: método de Rippl, método de Aguiar e a fórmula empírica do 2Va.

O Método de Rippl

O método de Rippl foi formulado em 1983 e consistia em traçar o diagrama de massas dos deflúvios acumulados conforme a seqüência a seguir.

- Selecionar a série histórica de vazões fluviais afluentes a o reservatório;
- Traçar o diagrama de massas, consistindo em colocar no eixo das ordenadas os valores acumulados dos volumes afluentes e no eixo das abscissas o tempo;
- Traçar a linha de demandas, ligando a origem dos eixos ao ponto mais extremo do diagrama de massas;
- Traçar paralelas à linha de demanda nos pontos mais afastados nos lados superiores e inferiores;
- A diferença vertical entre as duas paralelas é considerada igual à capacidade requerida pelo reservatório para regularizar a média das vazões afluentes.

Mesmo cem anos depois de formulado, o método de Rippl ainda tem fiéis seguidores. Por exemplo, Sharma (1983) aponta o método da curva de massas "como o melhor método para fixar a capacidade de um reservatório."

O Método do Engenheiro Aguiar

Aguiar desenvolveu seu método de dimensionamento de capacidades requeridas por reservatórios superficiais em 1937. Aguiar (1978, reprint), tinha plena convicção de que a capacidade a ser atribuída a um reservatório seria fortemente influenciada pela variabilidade dos deflúvios e argumentou que "no caso de todos os anos da série escolhida apresentarem a mesma altura de chuva, H , a precipitação média absoluta seria ainda igual a H e, portanto, não haveria necessidade de armazenar água de um ano para outro". O método do engenheiro Aguiar consiste nas seguintes etapas de cálculo:

- Ordenar as séries de chuvas anuais em forma crescente;
- Separar a série ordenada em duas partes iguais; as maiores precipitações formam a série de máximas e as menores formam a série de mínimas.
- Calcular a média das chuvas da série de máximas (H_{max});
- Calcular a média das chuvas da série de mínimas (H_{min});
- Fazer a capacidade do reservatório igual ao volume escoado estimado aplicando-se a fórmula polinomial de chuva x deflúvio ao valor de H_{max} ;

- Calcular o volume regularizado pelo reservatório aplicando-se a fórmula polinomial a H_{min} .

O método de Aguiar, acima referido, teve pouca aplicação no Nordeste. Os técnicos do DNOCS optaram por aplicar a fórmula empírica do 2Va descrita a seguir.

A Fórmula Empírica do 2Va

Durante muitos anos, a capacidade dos reservatórios do Nordeste foi calculada a partir de uma metodologia muito simples. O método consistia em:

- Selecionar a precipitação média no local de construção da barragem;
- Estimar o deflúvio médio anual pela fórmula polinomial de Aguiar (1978, reprint)
- Fazer a capacidade igual a 2Va.

Talvez porque a capacidade decorresse diretamente da fórmula empírica de estimativa dos deflúvios de Aguiar, essa metodologia é ainda muito atribuída ao engenheiro Aguiar e ainda hoje tem seus defensores. Devido ao grande prestígio da fórmula, a mesma foi inserida na análise comparativa.

O Método Experimental

O método experimental consiste na geração sintética de séries de vazões afluentes aos reservatórios e na verificação, por simulação, de qual teria sido o comportamento do reservatório, nas séries sintéticas de vazões, se determinadas regras de operação houvessem sido seguidas. Das análises das simulações, executadas com o programa SIMRES (descrito na próxima seção), chega-se ao dimensionamento do reservatório.

O SIMRES COMO LABORATÓRIO

Para o desenvolvimento dos trabalhos individuais e de equipe foi apresentado aos alunos o programa computacional SIMRES: *Laboratório Computacional de Reservatórios* (versão beta) (Campos, Studart, Martinz e Coêlho, 2000). O programa foi desenvolvido, em sua primeira versão, em FORTRAN, em 1987, na Colorado State University. Recentemente, o programa foi substancialmente melhorado com rotinas de pré e pós processamento na Universidade Federal do Ceará, no âmbito do projeto Gerenciamento dos Aspectos Quantitativos e Qualitativos dos Recursos Hídricos do Semi-Árido, com financiamento do CNPq.

O SIMRES, desenvolvido com vistas ao dimensionamento de reservatórios, utiliza a simulação Monte Carlo, e tem as seguintes características:

- Geração de séries sintéticas anuais em populações Gama, Log-normal e Normal;
- Fragmentação das séries anuais em séries mensais;
- Avaliação das vazões regularizadas para garantias a nível mensal ou anual;
- Avaliação das freqüências de falhas anuais e mensais para até dez retiradas e dez diferentes capacidades;

- Capacidade para avaliar as regularizações de vazões em estado de equilíbrio (séries sintéticas de até 5.000 anos);
- Capacidade de tratar, em uma única execução, com até 100 séries de 50 anos (número de séries vezes o número de anos de menor ou igual a 5.000);
- Ferramentas de soma de arquivos de deflúvios (denominado imagem tape3.dat) para propiciar a análise de sistemas de reservatórios;
- Ferramenta de gráficos.

O programa está disponível na Internet no endereço <http://www.deha.ufc.br/nilson/simres>.

OS RESULTADOS

Para efeito do presente artigo, foram selecionados os trabalhos desenvolvidos por doze alunos agrupados em dois grupos de seis. A Tabela 1 apresenta a média e o coeficiente de variação das vazões afluentes utilizadas por cada grupo.

Duas interessantes análises podem ser procedidas a partir dos resultados obtidos dos dois grupos de estudantes. Uma quanto às diferenças dos resultados entre os dois métodos (Aguiar e Rippl) e outra quanto às variabilidades naturais das capacidades dos reservatórios, devidas ao caráter randômico das séries de deflúvios. Adicionalmente, pode-se verificar a relação entre a capacidade de Aguiar e deflúvio médio com o objetivo de checar o antigo paradigma *dois Va*.

Diferenças entre Aguiar e Rippl

A análise dos dados da Tabela 1 mostra que as capacidades obtidas pelo método de Rippl são bem maiores

do que as obtidas pelo método de Aguiar. Fazendo-se um regressão entre as duas grandezas obteve-se a seguinte equação:

$$K(Rp) = 2,99 \times K(Ag) + 1170 \quad (1)$$

Sendo $K(Rp)$ a capacidade do "Castanhão" (em hm^3) obtida pelo método de Rippl; $K(Ag)$ a capacidade do "Castanhão" (em hm^3) obtida pelo método de Aguiar.

Então, para rios de regime hidrológico similar ao barrado pelo Açude Castanhão, pode-se esperar que a capacidade obtida pelo método de Rippl seja cerca de três vezes superior à obtida pelo método de Aguiar.

Diferenças entre Aguiar e o 2Va

O estudo de regressão das capacidades dos reservatórios encontradas nas doze séries sintéticas selecionadas levou à seguinte relação:

$$K(2Va) = 1,02 K(Ag) + 157 \quad (2)$$

Sendo $K(2Va)$ a capacidade do "Castanhão" obtida pelo 2Va, $K(Ag)$ a capacidade do "Castanhão" obtida pelo método de Aguiar e 157, uma constante (todos os valores em hectômetros cúbicos).

Pode-se observar que o valor obtido com a aplicação do 2Va é aproximadamente igual ao valor obtido com o método de Aguiar, adicionado a uma pequena constante. Poder-se-ia, apressadamente, concluir que o 2Va e Aguiar são o *mesmo* método. Todavia, trata-se de uma coincidência, não esperada a priori pelos professores. A relação acima é válida apenas para as condições do experimento, ou seja, coeficientes de

Tabela 1. Valores da capacidade requerida pelo açude Castanhão, por três métodos e para diferentes séries estocásticas

	Aluno	Deflúvios anuais		Capacidade requerida		
		Média (hm^3)	CV	Rippl (hm^3)	Aguiar (hm^3)	2Va (hm^3)
GRUPO 1	Sueli	962,95	0,98	5185,19	1769,46	1925,90
	Elano	1410,26	1,23	8786,40	2578,68	2820,52
	Goretty	1251,40	1,14	6194,60	2245,57	2502,80
	Inês	1503,84	1,47	11252,90	2867,65	3007,68
	Nelson	1150,30	1,40	8993,10	1769,50	2300,60
	Zita	1056,80	1,44	7305,00	2036,65	2113,60
	Média	1222,59	1,28	7952,87	2211,25	2445,18
	Desvio	189,42	0,18	1993,25	405,76	378,84
	CV	0,15	0,14	0,25	0,18	0,15
GRUPO 2	Luciano	1175,95	1,65	11471,63	2194,49	2351,90
	Socorro	1300,83	1,04	6335,38	2291,00	2601,66
	Paulo	1543,15	1,77	7422,27	2935,04	3086,30
	Gianni	1184,57	1,46	8007,28	2258,39	2369,14
	Alexandre	1109,66	1,35	6137,87	2115,13	2219,32
	Tomé	2153,74	1,20	13889,75	3939,30	4307,48
	Média	1411,32	1,41	8877,36	2622,23	2822,63
	Desvio	360,23	0,25	2848,83	647,40	720,46
	CV	0,26	0,18	0,32	0,25	0,26
RESULTADO DOS DOIS GRUPOS						
G 1 e G 2	Média	1316,95	1,34	8415,11	2416,74	2633,91
	Desvio	316,33	0,24	2612,86	603,72	632,66
	Cv	0,24	0,18	0,31	0,25	0,24

variação (CV) em torno de 1,4. Não é difícil verificar que a relação entre a capacidade determinada pelo método de Aguiar e o deflúvio médio tende para *um* quando o valor de CV tende para zero.

CONCLUSÕES

O artigo mostrou a aplicação da simulação Monte Carlo como ferramenta para aplicações em Engenharia Hidrológica e também para proceder em sala de aula o ensino e a avaliação de incertezas em Hidrologia, particularmente no que se refere ao dimensionamento hidrológico de rios do Semi-Árido brasileiro.

A metodologia permitiu o aprendizado das seguintes habilidades: 1) a capacidade individual do aluno em proceder um dimensionamento hidrológico a partir de uma única série de dados; 2) a capacidade de trabalhar e criar em equipe, quando cada grupo estudava seus resultados individuais e procurava desenvolver uma metodologia para dimensionamento diante das incertezas; 3) o entendimento das incertezas inerentes aos processos hidrológicos, para evitar o uso metodologias do tipo *siga a seta*, não apropriadas para o estudo do processo em análise.

Em resumo, a metodologia adotada no curso utilizou o método de Monte Carlo como um laboratório, e os alunos com pesquisadores, integrando o processo de aprendizagem e de formação do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará nas pessoas do Secretário Hypérides Pereira de Macedo e da Coordenadora do Programa de Capacitação,

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



José Nilson B. Campos

Engenheiro Civil (1967) e Mestre em Recursos Hídricos (1976), pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e PhD em Planejamento de Recursos Hídricos pela Colorado State University (1987). Professor titular da UFC, Autor de 3 livros, 7 capítulos de livros e mais de 50 artigos nacionais e internacionais. Foi Coordenador do Mestrado em Recursos Hídricos da UFC de 1990 a 1994 e chefe do Departamento de Hidráulica da UFC de 1996 a 1998. Integra o corpo docente do Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos na UFC.

Fátima Montezuma. Agradecem ao Programa PROÁGUA, ao Ministério do Meio Ambiente e Banco Mundial pelo patrocínio financeiro do curso. Agradecem a todos aos alunos, a seguir relacionados, pela ativa participação nas tarefas do curso: Afrânio Alves, Alexandre Neto, Elano Joca, Eveline Queiróz, Francisco José, Gerson Martins, Gianni Lima, Gorety Batista, Guilherme Freire, Inês Teixeira, Iuri Macedo, Ivoneide Damasceno, José Maurício, Luciano Falcão, Marcos Vinícius, Maria Uchôa, Mercêdes Menezes, Orinaldo Freitas, Paulo Miranda, Raquel Espíndola, Socorro Araújo, Ticiano Mamede, Thereza Citó e Zita Timbó.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, F.G. *Estudos Hidrométricos do Nordeste Brasileiro. Excertos*. Boletim Técnico do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Fortaleza, Ce. v. 36. n. 2. 1978. p. 129-41.
- CAMPOS, J.N.B. *Dimensionamento de Reservatórios: O Método do Diagrama Triangular de Regularização*. Edições UFC Fortaleza, Ce 1996. 51p.
- CAMPOS, STUDART, MARTINZ E COELHO. *SIMRES: Laboratório Computacional de Reservatórios*, 2000 (<http://www.deha.ufc.br/nilson/simres>).
- RIPPL, W., *Capacity of Storage Reservoirs for Water Supply*. Proceedings of The Institution of Civil Engineers v. 71, 1883.
- SHARMA R.K. *A Text Book of Hydrology & Water Resources*. J.C. Kapur, 2ed. Nova Delhi, 1983 p. 403
- SUDLER, C.E., *Storage Required for the Regulation of Streamflow*. Transactions of the American Society of Civil Engineers. v. 91, 1927.
- SVANIDZE, G.G. *Mathematical Modeling of Hydrologic Series*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1980.



Ticiano M. C. Studart

Engenheira Civil (1985), Mestre em Recursos Hídricos (1991) e Doutora em Recursos Hídricos (2000) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora Adjunta da UFC, autora de 2 livros, 3 capítulos de livro e cerca de 35 artigos nacionais e internacionais. Foi coordenadora do Curso de Engenharia Civil da UFC de 1992 a 1996. Atualmente Integra o corpo docente do Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos na UFC.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES PARA A ELABORAÇÃO DE TRABALHOS

Editor de texto

- Word para Windows versão 6.0 ou superior, utilizando fonte Times New Roman. Para corpo do texto tamanho 12, título do trabalho tamanho 18, notas de rodapé tamanho 8, título das seções tamanho 14, título da 1ª subseção tamanho 13 e título das 2ª e 3ª subseções tamanho 12, referências bibliográficas e dados biográficos dos autores, tamanho 11. Os trabalhos deverão ter um mínimo de 06 e um máximo de 12 páginas no formato indicado abaixo.

Organização do trabalho

- Título; Autor(es); Resumo, Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento do texto (qualquer número de seções com até 3 subseções); Conclusões, Referências Bibliográficas e Dados Biográficos dos autores.

Formato

- Papel em tamanho A4, margens superior, direita, esquerda e inferior de 2,0 cm, não numeradas, com corpo do texto em duas colunas, separadas de 1 cm, alinhado dos dois lados e utilizada a tabulação padrão do Word para início de cada parágrafo.
- As figuras, tabelas e fotos devem ter largura de 8 ou 17 cm, correspondentes à largura de uma ou duas colunas respectivamente.
- Resumo e Abstract devem ser editados em uma única coluna, com margens esquerda e direita de 3 cm, justificados.
- O título do trabalho e das seções devem estar em letra maiúscula, negrito, centralizados e não numerados.
- Os títulos das 1ª e 2ª subseções devem estar em negrito, iniciais maiúsculas e alinhados pela esquerda. Se necessária uma 3ª subseção, o título deve estar em itálico alinhado à esquerda.
- Nome(s) dos autor(es) devem estar por extenso, negrito, centralizados e separados por vírgulas.
- No nome dos autores utilizar chamadas de rodapé numeradas com algarismos arábicos, para fornecer as seguintes informações: função, titulação, instituição, endereço postal, telefone, fax, e e-mail.
- As expressões: Palavras-Chave e Keyword deverão ter apenas a primeira letra maiúscula, negrito-italico, sem numeração e alinhadas à esquerda.
- Espaço duplo entre o título do trabalho e o nome do(s) autor(es) e entre este(s) e os itens resumo e abstract.
- Saltar linha entre os títulos das seções e o texto ou entre subseções. Não saltar linhas entre os títulos das 1ª, 2ª ou 3ª subseções e os respectivos textos.

Fotos e Figuras

- Gravadas de preferência em formato TIFF ou JPEG inseridas no texto.

Referências Bibliográficas

- Devem ser utilizadas de acordo com as normas da ABNT.

Dados Biográficos do(s) autor(es)

- Iniciar com o nome em negrito e indicando pela ordem: os títulos obtidos a partir da graduação, com data e instituição, local de trabalho, atividades ou funções relevantes exercidas, prêmios recebidos, áreas de atuação profissional e assuntos de interesse atuais no campo da educação em engenharia. Inserir foto individual dos autores em formato 3x4 no canto direito do texto.

Envio de trabalhos

- Os trabalhos deverão ser enviados para o endereço oficial da ABENGE através de uma cópia impressa acompanhada de disquete ou diretamente para o endereço rabenge@cct.ufpb.br.