

volume 21 - número 2

ISSN 0101-5001

dezembro de 2002

# REVISTA DE

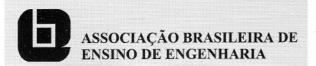
# **ENSINO DE ENGENHARIA**

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO-PESQUISA E O DESEMPENHO DOS CURSOS DE ENGENHARIA MECÂNICA NO

- 1 EXAME NACIONAL DE CURSOS E NA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OFERTA Mônica Barros, Reinaldo Calixto Campos, Hélcio R. B. Orlande & José Alberto dos Reis Parise
- DEFININDO COMPETÊNCIAS PARA ENGENHARIA:
- 11 A VISÃO DO MERCADO DE TRABALHO Sinval Z. Gama & Marcos A. da Silveira
- 17 A GESTÃO DA QUALIDADE E O ENSINO DE ENGENHARIA Luis Roberto de Camargo Ribeiro & Renato Vaito Belhot
  - PERFIL DE EGRESSOS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFMG
- 27 Mauro Mendes Braga, Maria do Carmo Lacerda Peixoto, Ana Maria Gontijo Figueiredo, Roberto Márcio Silva & Tânia Bogutchi
  - DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MULTIMÍDIA E INTERATIVA PARA O ENSINO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS
- 35 Jaime Joaquim de Silva Pereira Cabral, Sylvana Melo dos Santos, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro, Antonio Celso Dantas Antonino, Keyla Duarte de Almeida & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva
  - AVALIAÇÃO NA GRADUAÇÃO: ESTUDO DE CASO
- 43 Maria Elba Dantas de Moura Pereira & João Crisóstomo de Moarais
  - UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE
- 49 AUTOTRANSFORMADORES PARA ESTUDANTES DA ÁREA DE SISTEMAS DE POTÊNCIA Carlos A. Castro & Carlos A. E. Murati



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 Venturini Zampieri, UFSM

> Diretor-Financeiro João Sérgio Cordeiro, UFSCar

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

Vol. 21, n°2, dezembro de 2002 ISSN 0101-5001

Editor Benedito Guimarães Aguiar Neto, UFCG

Conselho Editorial Ana Maria Castanheira - MACKENZIE Arquimedes Diógenes Ciloni - UFU Benedito Guimarães Aguiar Neto - UFCG Benedito Antônio Luciano - UFCG Cícero Onofre de Andrade Neto - UFRN Edgar Nobuo Mamiya - UnB Eduardo Giugliani - PUC-RS Enilson Medeiros dos Santos - UFRN Ernesto A. Urquieta Gonzalez - UFSCar Fernando Tadeu Boçon - UFPR Helcio R. B. Orlande - UFRJ Helói José Fernandes Moreira - UFRJ João Bosco da Silva - UFRN José Alberto dos Reis Parise - PUC-Rio Julio Alberto Nitzke - UFRS Luiz Paulo Mendonça Brandão - IME Marcius F. Giorgetti - UFSCar Marcos Azevedo da Silveira - PUC-Rio Maria José Gazzi Salum - UFMG Mário de Souza Araújo - UFCG Mário Neto Borges - FUNREI Maura Corcini Lopes - UNISINOS Milton Vieira Júnior - UNIMEP Nival Nunes de Almeida - UERJ Reinaldo Calixto de Campos - PUC-Rio Sandoval Carneiro Ferreira - UFRJ Silvia Costa Dutra - UNISINOS Vanderli Fava de Oliveira - UFJF Walter Antonio 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.ufcg.edu.br

# **Tiragem** 2.500 exemplares

Distribuição

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



volume 21 - número 2

ISSN 0101 - 5001

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Mônica Barros, Reinaldo Calixto Campos, Hélcio R. B. Orlande & José Alberto dos Reis Parise ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS-PESQUISA E O DESEMPENHO DOS CURSOS DE ENGENHARIA MECÂNICA NO EXAME NACIONAL DE CURSOS E NA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OFERTA

Sinval Z. Gama & Marcos A. da Silveira

- DEFININDO COMPETÊNCIAS PARA 11 ENGENHARIA: A VISÃO DO MERCADO DE **TRABALHO**
- Luis Roberto de Camargo Ribeiro & Renato Vaito Belhot 17
  - A GESTÃO DA QUALIDADE E O ENSINO DE **ENGENHARIA**

Mauro Mendes Braga, Maria do Carmo Lacerda Roberto Mácio Silva & Tânia Bogutchi

PERFIL DE EGRESSOS DO CURSO DE Peixoto, Ana Maria Gontijo Figueiredo, 27 ENGENHARIA CIVIL DA UFMG

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, Sylvana Melo dos Santos, Abelardo Antônio celso Dantas Antonino, Keyla Duarte de Almeida 35 & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MULTIMÍDIA E INTERATIVA PARA O ENSINO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

Maria Elva Dantas de Moura Pereira & João Crisóstomo de Morais

AVALIAÇÃO NA GRADUAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Carlos A. Castro & Carlos A. E. Murati

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE AUTOTRANSFORMADORES PARA ESTUDANTES DA ÁREA DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

# ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO-PESQUISA E O DESEMPENHO DOS CURSOS DE ENGENHARIA MECÂNICA NO EXAME NACIONAL DE CURSOS E NA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OFERTA

Mônica Barros<sup>1</sup>, Reinaldo Calixto Campos<sup>2</sup>, Hélcio R.B. Orlande<sup>3</sup> & José Alberto dos Reis Parise<sup>4</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho baseia-se nos resultados do Exame Nacional de Cursos de 2000 e na Avaliação das Condições de Oferta (atual Avaliação das Condições de Ensino) dos Cursos de Engenharia Mecânica, efetuada em 1999. Três bancos de dados foram utilizados: (1) Conceitos dos cursos no Exame Nacional de Cursos (Provão) 2000 (A, B, C, D e E); (2) Questionário-Pesquisa, preenchido pelos alunos quando do Provão 2000, e (3) Conceitos atribuídos aos cursos na avaliação das condições de oferta (MB, B, R e I, nos quesitos Corpo Docente, Instalações e Organização Didático Pedagógica). Os dados do questionário-pesquisa, contendo informações sobre o perfil do aluno e de como este avalia sua própria instituição, foram comparados aos da avaliação dos cursos, Provão e Condições de Oferta. O estudo foi organizado em quatro tópicos distintos: aluno, docentes, instalações e projeto pedagógico. Os resultados mostram que os estudantes dos cursos com melhores e piores avaliações diferem com relação à sua condiçõe social. Além disso, notaram-se associações significativas entre a qualificação dos docentes e sua dedicação ao curso, em relação ao resultado no ranking nacional, bem como entre a percepção do estudante quanto às condições da biblioteca e dos laboratórios básicos em relação à avaliação das condições dos mesmos pelos pares.

*Palavras-chaves*: exame nacional de cursos, provão, condições de ensino, questionário-pesquisa, avaliação, engenharia mecânica

#### ABSTRACT

The present work is based on the results of the National Exam and on the National Evaluation of Learning Conditions for Mechanical Engineering Courses. Three data bases were employed: (1) Grades obtained by courses in The National Exam for Mechanical Engineering Courses for 2000 (grades A, B, C, D and E); (2) A survey, answered by the students at the time of the National Exam for 2000; and (3) Grades attributed to the Mechanical Engineering Courses in the National Evaluation of Offering Conditions, 1999 (Very Good, Good, Regular and Insufficient, in sections Faculty, Installations and Pedagogical/Didactic Organization). Results from the student-survey were compared with those of the course evaluations. The study was divided into four topics: student, faculty, installations and pedagogical/didactic organization. The results show that students of best and worst evaluated courses differ in their social condition. Also, significant associations were observed between faculty qualification and dedication with respect to course national ranking, as well as between student perception of library and basic laboratory conditions and course evaluation by peers.

**Key-words:** national exam for courses, mechanical engineering, student survey, national evaluation of learning conditions

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica. Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ. Fone: (21) 3114-1204, Fax: (21) 3114-1309. e-mail: monica@ele.puc-rio.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química. Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ. Fone: (21) 3114-1307, Fax: (21) 3114-1309. e-mail: rccampos@rdc.puc-rio.br

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária. CP 68503, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ. Fone: (21) 2562-8405, Fax: (21) 2290-6626. E-mail: helcio@serv.com.ufrj.br

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica. Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ. Fone: (21) 3114-1306, Fax: (21) 3114-1309. E-mail: parise@mec.puc-rio.br

# INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve início em estudo (ORLANDE et al., 2001) preparado pela Comissão do Curso de Engenharia Mecânica, da qual fazem parte dois dos autores. Tem por objetivo o estudo da relação entre os resultados do questionário-pesquisa do Exame Nacional de Cursos (ENC) de Engenharia Mecânica, respondido pelos alunos, e o desempenho destes cursos (Provão e Condições de Oferta). Comparados os três bancos de dados, foram observadas associações significativas entre os resultados do ENC e da avaliação das condições de oferta com a condição social do aluno, jornada e qualificação do Corpo Docente e alguns aspectos nos quesitos "Instalações" e "Projeto Pedagógico".

Os cursos de Engenharia Mecânica têm sido avaliados pelo ENC desde 1999 (INEP/MEC, 1999; INEP/MEC, 2000), assim como houve, em 1999, uma avaliação das condições de oferta destes mesmos cursos (MEC/SESU, 1999). Os resultados do ENC classificam os cursos em cinco categorias, de A a E. Em relação às condições de oferta, os quesitos "Corpo Docente", "Instalações" e "Organização Didático-Pedagógica", foram avaliados independentemente, sendo atribuídos conceitos CMB (muito bom), CB (bom), CR (regular) e CI (insuficiente), a cada um daqueles quesitos. Junto com a prova, o aluno é convidado a preencher um questionáriopesquisa, onde diversos aspectos são levantados, desde dados relativos à sua condição social, origem e nível médio, entre outros, até a sua avaliação de seu próprio curso. O questionário-pesquisa apresenta questões comuns a todos os cursos avaliados pelo ENC, assim como questões específicas, elaboradas pela Comissão da habilitação em questão.

Os dados que compõem a avaliação de cursos constituem importante instrumento no aprimoramento do ensino superior no país. Assim sendo, a literatura disponível vem registrando um número crescente de estudos baseados nos resultados do Exame Nacional de Cursos. Por exemplo, Genevois (2000), demonstrou a pequena diferença entre as instituições que receberam conceito A ou B em Engenharia Civil, no período de 1997 a 1999. O trabalho também apontou para a existência de heterogeneidade nos alunos formados por uma mesma instituição. Araújo Filho e Aguiar Neto (2000) efetuaram uma análise comparativa entre os dois procedimentos (Exame Nacional de Cursos e Avaliação das Condições de Oferta) e verificam a relevância dos subsídios propiciados pelos mesmos para a melhoria da qualidade dos cursos de graduação avaliados. Já Araújo Filho e Loureiro (2000) apresentaram um procedimento sistemático de análise e utilização dos resultados do Questionário-Pesquisa do ENC para subsidiar ações e providências de melhoria da qualidade do ensino de

Corrêa e Terra (2000), estudando os resultados do Exame Nacional de Cursos de 1999 para Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica e Administração, investigaram correlações entre a titulação e a dedicação do corpo docente e o resultado dos alunos no ENC. O impacto das condições de oferta sobre o desempenho dos alunos no ENC também

foi estudado. Outro aspecto abordado foi uma eventual relação entre a relação candidato/vaga no vestibular e o resultado no ENC por instituição. Um interessante trabalho sobre o ensino superior, baseado em outras fontes que não a do Exame Nacional de Cursos, é apresentado por Schwartzman (2000).

O presente trabalho segue na mesma linha de abordagem que o de Corrêa e Terra (2000).

#### **METODOLOGIA**

Três bancos de dados, fornecidos pelo INEP/MEC, foram utilizados na presente pesquisa, conforme esquematizado na Figura 1: ENC, Condições de oferta e Questionário-pesquisa. Tinha-se, portanto, os seguintes dados, relativos a cada curso: conceito obtido no Provão (A, B, C, D ou E), conceitos atribuídos na avaliação das condições de oferta (MB, B, R ou I<sup>1</sup>), para cada um dos três quesitos) e os resultados consolidados do questionário-pesquisa de todos os alunos inscritos. Tomaram-se, portanto, como ponto de partida, os conceitos de cada curso junto com os resultados médios do questionário pesquisa de seus alunos. Partiu-se, então, para o estabelecimento de relações entre os resultados do Provão e os do questionário-pesquisa. Igualmente, procedeu-se ao estudo das relações entre os resultados da avaliação das condições de oferta e, novamente, os resultados do questionário pesquisa, conforme mostra a Figura 1. Não foi aprofundado o estudo das relações entre os resultados do ENC e das condições de oferta.

O estudo foi, ainda, organizado em quatro temas distintos: Alunos, Corpo Docente, Instalações e Projeto Pedagógico. Os resultados mais relevantes, em cada um destes temas, são discutidos a seguir.

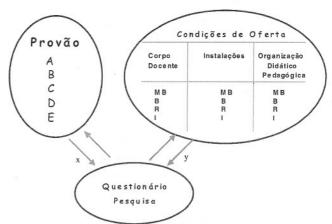


Figura 1. Banco de dados utilizados no presente estudo e relações estudadas: X, resultados no provão vs. resultados médios do questionário pesquisa e Y, resultados das condições de oferta vs. resultados médios do questionário pesquisa

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Por conveniência, os conceitos CMB, CB, CI e CR foram substituídos, respectivamente, por MB, B, I e R. Economiza-se espaço sem prejuízo no entendimento do texto

#### Alunos

A Figura 2 apresenta a distribuição absoluta de alunos por conceito obtido, conforme o resultado no ENC, assim como o número de cursos em cada categoria. Um total de 3109 alunos participou do Provão de Engenharia Mecânica de 2000, e aproximadamente igual número respondeu ao questionário-pesquisa.

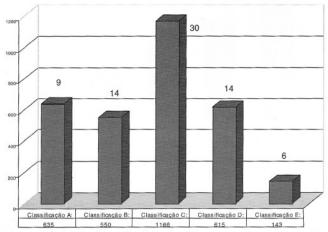


Figura 2. Distribuição absoluta dos alunos conforme resultado no provão. O número sobre a barra indica o número de cursos na categoria

De um modo geral, a distribuição do número de alunos por conceito acompanha a distribuição do número de cursos por conceito, com maior afastamento para o conceito E, onde o número de alunos é relativamente menor. Atribui-se este fato ao menor número de alunos matriculados, em média, nos cursos com conceito E (MEC/INEP, 2000).

A Figura 3 relaciona a condição de moradia com os resultados do Provão. Observa-se a predominância do aluno

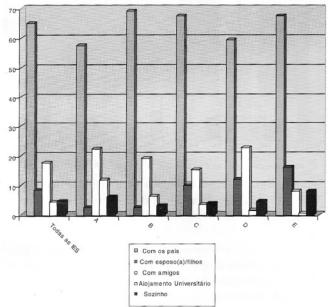


Figura 3. Distribuição percentual dos alunos por condição de moradia e por resultado de seu curso no ENC

que mora com os pais, condição esta que independe do grupo em que se insere seu curso (A, B, C, D ou E). Este item (condição de moradia) poderia ser um indicador significativo da influência das condições sociais no desempenho do aluno, já que se acredita que sua permanência junto à família geraria melhores condições de aprendizagem, por contar com maior apoio econômico e afetivo. Entretanto, independentemente do resultado obtido no Provão, a grande maioria dos alunos respondentes vive com a família, não sendo este um fator diferenciador entre os grupos. Por outro lado, o número de estudantes que já constituíram família é pequeno em todos os grupos, embora ligeiramente maior no grupo E, não se podendo associar o desempenho do curso no Provão a este fator.

Observa-se, na Figura 4, a mesma independência entre os hábitos de leitura do estudante e o resultado no Provão. Constata-se que a grande maioria dos respondentes declara ler de um a três livros por ano.

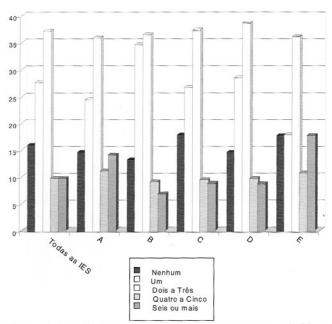


Figura 4. Distribuição percentual dos alunos por seus hábitos de leitura e por resultado de seu curso no ENC. O hábito de leitura é quantificado pelo número de livros lidos por ano

A Figura 5 relaciona a renda familiar do aluno com o desempenho de seu curso no Provão. A relação é evidente: alunos com maior renda familiar estão concentrados nos cursos com melhor desempenho.

Na Figura 6 relacionou-se a carga horária de trabalho do aluno com o desempenho de seu curso no Provão. Muito embora o questionário pesquisa contenha cinco níveis de resposta, a presente pesquisa concentrou-se nos dois extremos: não trabalhou e trabalhou em tempo integral. Observa-se, para os alunos dos grupos A e B, uma clara predominância de alunos que não trabalham, tendência esta que se inverte (i.e., alunos que trabalham em tempo integral) para os cursos com piores conceitos no Provão (C, D e E). Muito provavelmente, os alunos que trabalham em tempo

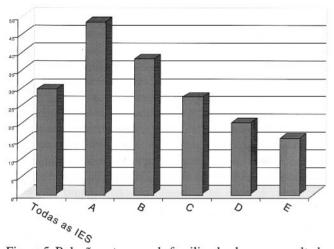


Figura 5. Relação entre a renda familiar do aluno e o resultado de seu curso no Provão: distribuição percentual de alunos por renda familiar. A ordenada indica o percentual de alunos com renda familiar acima de R\$ 3.021,00

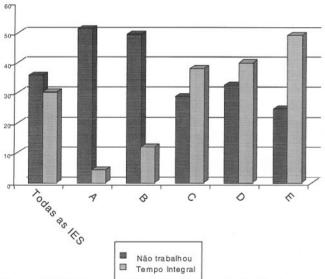


Figura 6. Relação entre carga horária de trabalho do aluno e o desempenho de seu curso. A ordenada indica o percentual de alunos que não trabalharam ou trabalharam em tempo integral

integral o fazem durante o dia, estudando em cursos noturnos privados, que são os que apresentam os piores desempenhos, em média, inclusive em relação às condições de oferta. Assim, condições de oferta menos adequadas e menor tempo para o estudo juntam-se na contribuição ao pior desempenho deste grupo.

#### Corpo docente

Buscou-se avaliar o impacto dos indicadores relacionados a este quesito sobre o desempenho do curso, tanto no Exame Nacional de Cursos quanto na Avaliação das Condições de Oferta. Foram os seguintes os indicadores: titulação dos docentes, jornada de trabalho e qualificação do corpo docente pelos alunos.

Na Figura 7, observa-se a predominância da presença de doutores nos cursos A e B. Esta presença reduz-se, gradual e sistematicamente, para os cursos C, D e E.

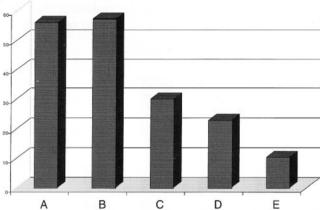


Figura 7. Relação entre o percentual de doutores no curso e seu desempenho no provão

A Figura 8, relacionando a jornada de trabalho semanal dos docentes com o conceito obtido pelo curso no Provão, indica que cursos A e B apresentam uma predominância de professores com carga horária de 40 ou mais horas semanais. Por outro lado, cursos C, D e E, com distribuição muito semelhante entre si, também apresentam professores com 40 ou mais horas em maioria, porém em uma proporção inferior aos cursos A e B. Portanto, as Figuras 7 e 8 indicam que a estrutura docente existente nas Universidades com melhores resultados no Provão é aquela que valoriza a capacitação docente e a vinculação em tempo contínuo do professor à Universidade.

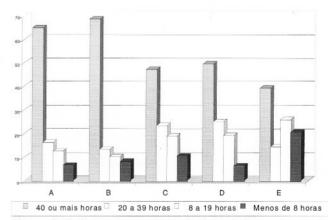


Figura 8. Relação entre a jornada de trabalho semanal dos docentes do curso (percentual de docentes) e o conceito obtido no provão

A Figura 9 trata do tempo em sala de aula. Conclui-se que, independentemente do grupo de conceito no Provão, a maioria dos professores permanece em sala de aula por um tempo menor que 20 horas semanais. De qualquer forma, este tempo de permanência é, em média, maior para os cursos C, D e E, se comparado com os de A e B.

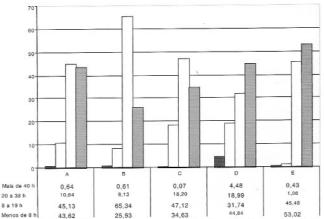


Figura 9. Relação entre o tempo na sala de aula (percentual de docentes) e desempenho do curso no provão

É importante mencionar que os resultados das Figuras 7 a 9 foram os únicos, do presente trabalho, em que os dados do Provão e da Avaliação das Condições de Ofertas foram relacionados diretamente.

A seguir, nas Figuras 10 e 11, relacionam-se os resultados do curso no Provão e na Avaliação das Condições de Oferta, quesito Corpo Docente, com a percepção dos alunos quanto ao domínio dos professores nas disciplinas ministradas. Das cinco respostas possíveis, condensaram-se os resultados em, simplesmente, dois grupos: "poucos demonstraram" e "a maior parte demonstra". Uma relação direta é observada entre a resposta dos alunos e o conceito obtido, relação esta mais nítida na Figura 10, quando o próprio aluno é avaliado, pelo Provão.

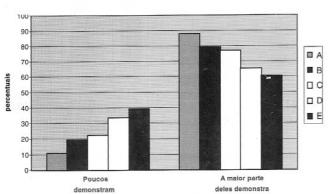


Figura 10. Relação entre a percepção dos alunos em relação ao domínio na disciplina ministrada que seus professores demonstraram e o conceito no provão

Uma primeira observação diz respeito à confiabilidade da opinião dos estudantes quando comparada aos levantamentos realizados pelos avaliadores das condições de oferta. Outro aspecto relevante é o fato de que a qualidade dos professores, tal como percebida pelos alunos, realmente piora na direção A-E (o gradiente é nítido, apesar da diferença entre cada grupo ser relativamente pequena). Entretanto, cumpre mencionar que todo o espectro de cursos, de A a E, ou de MB a I, apresenta média superior a 50% dentro da

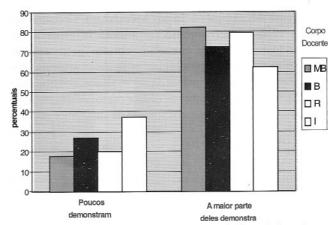


Figura 11. Relação entre o domínio na disciplina ministrada e o conceito obtido na avaliação das condições de oferta – corpo docente

resposta "a maior parte deles (os professores) demonstra (domínio atualizado das disciplinas ministradas)".

#### Instalações

Relacionam-se, nesta seção, os conceitos dos cursos no Provão e Condições de Oferta às respostas dos alunos a questões referentes a Instalações do seu curso.

As Figuras 12 e 13, relativas ao número médio de alunos por turma, mostram um resultado esperado: os cursos de

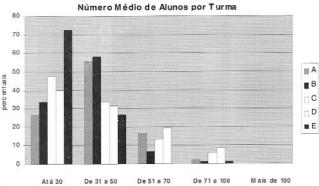


Figura 12. Relação entre o número médio de alunos por turma e o conceito no provão

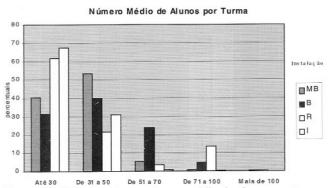


Figura 13. Relação entre o número médio de alunos por turma e o conceito obtido na avaliação das condições de oferta – instalações

Engenharia Mecânica no Brasil apresentam, tipicamente, turmas com número médio de alunos inferior a 60, independentemente dos conceitos obtidos pelos cursos. Observa-se, também, a grande concentração de respostas dos alunos dos cursos E para turmas de até 30 alunos, confirmando a afirmação feita anteriormente, de que cursos nesta categoria apresentam turmas menores, resultado de sua menor procura pelos alunos.

Nas Figuras 14 e 15, busca-se a relação entre a avaliação pelos alunos das condições dos laboratórios, com os conceitos obtidos pelo curso, respectivamente, no Provão e na Avaliação das Condições de Oferta, quesito Instalações. Novamente, as cinco possíveis respostas do questionário foram agrupadas em dois únicos grupos: "bem conservados" e "mal conservados". Não foi observada relação significativa entre a conservação dos laboratórios (na visão dos alunos) e o conceito obtido pelo curso no Provão, Figura 14. Por outro lado, a figura 15 aponta para um resultado de certa forma esperado: cursos que obtiveram Regular ou Insuficiente na Avaliação de Oferta (Instalações) foram igualmente mal avaliados pelos alunos, confirmando a equivalência entre os levantamentos realizados pelos especialistas e a percepção dos alunos quanto ao item em questão.

Das Figuras 16 e 17 constata-se que, em média, os alunos de Engenharia Mecânica, mostraram-se razoavelmente

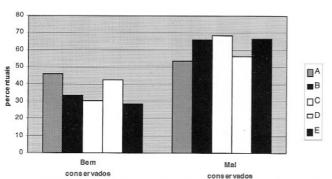


Figura 14. Relação entre a avaliação, pelos alunos, do estado de conservação dos equipamentos dos laboratórios utilizados e o conceito obtido pelo curso no provão

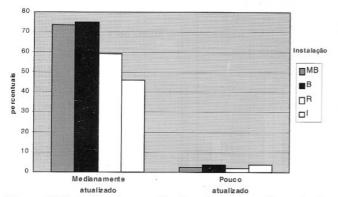


Figura 15. Relação entre a avaliação, pelos alunos, do estado de conservação dos equipamentos dos laboratórios utilizados e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - instalações

satisfeitos com o acesso que tiveram aos meios de computação, indistintamente do conceito obtido pelo curso. Percebe-se, portanto, o investimento, também indistinto, das Instituições em equipamentos deste tipo, provavelmente por terem se tornado uma marca de modernidade. A existência disseminada destes equipamentos abre a oportunidade de "canais de comunicação" entre instituições, que podem ser utilizados para minorar a discrepância de qualidade observada entre elas.

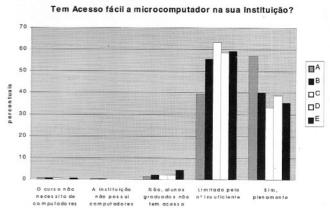


Figura 16. Relação entre o acesso dos alunos a microcomputadores e o conceito obtido no provão

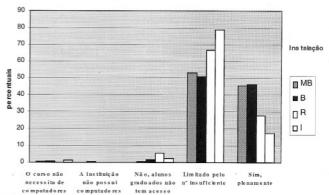


Figura 17. Relação entre o acesso dos alunos a microcomputadores e conceito obtido em condições de oferta - instalações

Uma outra associação significativa foi observada, conforme apresentado nas Figuras 18 e 19, entre a avaliação dos alunos quanto ao acervo da biblioteca e os conceitos obtidos pelos cursos, tanto no Provão, quanto nas Condições de Oferta-Instalações. Na Figura 18, esta associação já era esperada, isto é, alunos e Comissões avaliadoras apresentam, em média, o mesmo veredicto, sendo que aquelas últimas foram mais rigorosas que os estudantes. A percentagem de alunos que consideraram o acervo como "pouco atualizado" é ínfima. Há que se considerar, entretanto, que a grande maioria dos alunos tem acesso unicamente à biblioteca de sua própria instituição, o que prejudicaria sua capacidade de avaliação.

#### Projeto pedagógico

Foram escolhidas, dentre as perguntas do questionário pesquisa, aquelas que, de alguma forma, mais dissessem respeito ao Projeto Pedagógico do curso, último item coberto

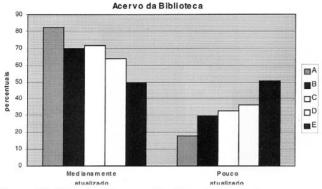


Figura 18. Relação entre a avaliação, pelo aluno, do acervo na biblioteca e conceito obtido pelo curso no provão

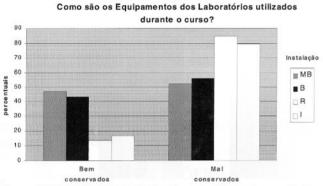


Figura 19. Relação entre a avaliação, pelo aluno, das condições dos laboratórios e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - instalações

pela Avaliação das Condições de Oferta. Buscou-se, então, seguindo a metodologia do presente trabalho, relacionar as respostas dos alunos do desempenho de seus cursos no Provão e na Avaliação das Condições de Oferta. As questões escolhidas dizem respeito a: material didático utilizado pelos professores (Figura 20), horas semanais dedicadas pelo aluno aos estudos (Figura 21), organização didática do docente, (Figuras 22 e 23), uso de laboratórios no Ciclo Básico, (Figura 24), e a abordagem de alguns temas relevantes, (Figuras 25 a

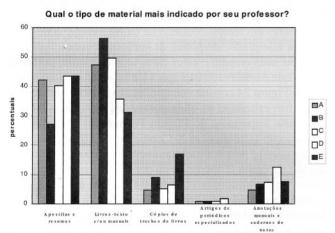


Figura 20. Relação entre o tipo de material utilizado pelo professor e desempenho do curso no provão

28). Da Figura 21 à 28, as cinco possíveis respostas foram agrupadas em simplesmente duas, mais abrangentes.

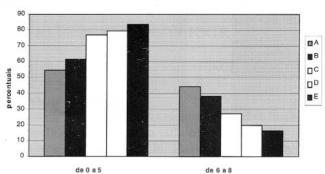


Figura 21. Relação entre dedicação aos estudos e desempenho do curso no provão, medida pelo número de horas semanais extra-classe dedicadas ao estudo

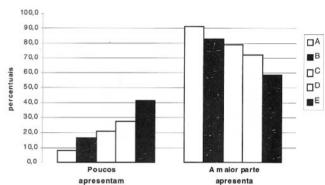


Figura 22. Relação entre a organização didática do professor e o desempenho do curso no provão

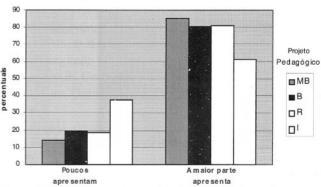


Figura 23. Relação entre organização didática do professor e o desempenho do curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

Não foi observada (Figura 20), associação significativa entre o tipo de material didático adotado pelo professor e o desempenho do curso no Provão. Constata-se, conforme esperado, o uso disseminado de apostilas e livros-texto. Este estado contrasta com a disponibilidade de computadores pessoais, indicando que estes ainda não parecem integrados à prática docente diária. Devem, portanto, estar mais ligados a usos eventuais ou em situações especiais. Ou seja, há espaço para todas as Instituições evoluirem neste campo.

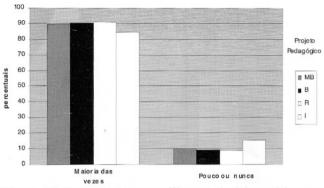


Figura 24. Relação entre a utilização de laboratórios em disciplinas do ciclo básico e o desempenho do curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

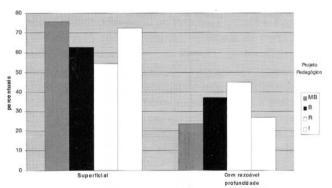


Figura 25. Relação entre a abordagem dada à ética e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

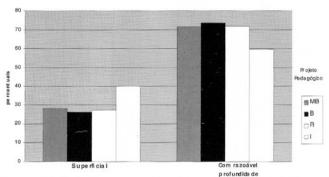


Figura 26. Relação entre a abordagem dada à qualidade e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

A Figura 21 comprova que uma maior dedicação aos estudos resulta em melhores resultados no Provão. Este item poderia estar incluído sob o tema Aluno pois, à primeira vista, trata-se de assunto referente ao próprio aluno. Entretanto, entende-se que um Projeto Pedagógico adequado deva privilegiar condições que propiciam ou incentivam o aluno a uma maior dedicação extra classe aos estudos. Por outro lado, o grupo de alunos que trabalham de dia e estudam à noite, sob condições de aproveitamento longe das que poderiam ser consideradas ideais, não pode ser esquecido neste estudo. Sua condição, indicativa de poucas horas dedicadas ao estudo extra classe,

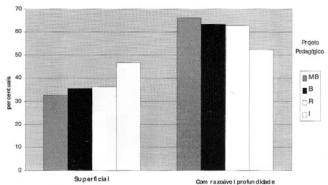


Figura 27. Relação entre a abordagem dada à ecologia/meio ambiente e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

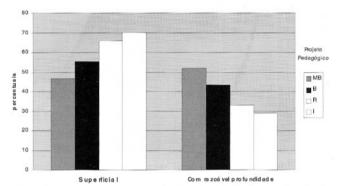


Figura 28. Relação entre a abordagem dada à tecnologia de informação e o conceito obtido pelo curso na avaliação das condições de oferta - projeto pedagógico

enseja, naturalmente, um desempenho inferior no Exame Nacional de Cursos, como já constatado na Figura 6.

Nas Figuras 22 e 23, um importante resultado foi obtido, relacionando-se o desempenho do curso às respostas dadas pelos alunos à seguinte questão: "Ao iniciarem os trabalhos, os docentes apresentam plano de ensino, contendo objetivos, metodologia, critérios de avaliação, cronograma e bibliografia?". Seja pelo Provão, Figura 22, ou pelas condições de oferta, Figura 23, os melhores desempenhos relacionamse a professores, em média, mais organizados e, provavelmente, mais dedicados ao curso. Deve-se ter em conta também que, professores em tempo contínuo na Universidade, com carga horária adequada, disporão de melhores condições para preparar seus cursos, e estes itens se relacionam, portanto, com o que é observado na Figura 8 e 9.

Da Figura 24 constata-se que, muito embora seja sabido que o uso criterioso de laboratórios nas disciplinas básicas seja parte importante do Projeto Pedagógico de um curso, esta relação (Laboratório X Condições de Oferta – Projeto Pedagógico) é pouco notada tanto por alunos (possivelmente devido ao tempo já decorrido ou por falta de uma referência) como por avaliadores (talvez, por terem muitos outros aspectos a considerar). Pode-se dizer também que, por estes laboratórios estarem presentes em todos os cursos (até por aulas práticas fazerem parte do currículo mínimo), o questionário não foi capaz de discriminar o simples uso de um uso criterioso ou adequado.

No Questionário-Pesquisa foi perguntado ao aluno se seu curso cobria, e em qual intensidade, os seguintes tópicos: Ética, Qualidade, Ecologia/Meio Ambiente e Tecnologia de Informação. Novamente, seguiu-se a metodologia de agrupar as cinco possíveis respostas em dois grupos abrangentes, a saber: "(abordagem) superficial" ou "(abordagem) com razoável profundidade".

A visão do aluno, apresentada na Figura 25, indica que a ética ainda é percebida pelas instituições como uma questão acessória, independente do conceito obtido. Entretanto, um percentual não desprezível dos cursos pareceram, aos alunos, ter tratado tais questões com razoável profundidade, o que não deixa de ser alentador.

Entretanto, os cursos parecem mais permeáveis a outras questões modernas, como Qualidade e Ecologia (vide Figuras 26 e 27), refletindo a intensa discussão travada na sociedade tecnológica sobre estes temas, ou seja, a Universidade não se mostra tão isolada da sociedade como se pode pensar.

A mais significativa associação entre a abordagem de um tema e o desempenho do curso foi encontrada no item referente à Tecnologia da Informação, conforme pode ser observado na Figura 28, provavelmente por estar relacionada ao investimento da instituição em computadores e redes para o ensino de informática.

#### CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente estudo podem ser resumidas como a seguir: (a) há uma clara relação entre a condição social do aluno e o conceito obtido por seu curso no Provão; (b) foi observada associação significativa entre jornada e qualificação de docentes e resultados no ENC; (c) no quesito "instalações", o acervo da biblioteca mostrou-se significante na avaliação do curso; (d) horas dedicadas ao estudo, plano de ensino, abordagem dada a Tecnologia de Informação, mostraram-se significativos quanto à avaliação do Projeto Pedagógico.

A abrangência e profundidade do presente trabalho são ainda inéditas em estudos sobre os resultados do ENC e das Condições de Oferta, podendo a metodologia empregada ser estendida a outros Cursos de Engenharia cobertos pelo ENC. Entende-se, também, que os novos procedimentos para a avaliação das condições de ensino (INEP/MEC, 2002), com grande número de indicadores e aspectos a serem avaliados, propiciarão estudos ainda mais aprofundados.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INEP-MEC, que gentilmente disponibilizou todos os bancos de dados utilizados no presente trabalho. Registra-se, também, o apoio concedido pelo CNPq. Finalmente, os autores expressam seus agradecimentos a Carmen Fagundes (PUC-Rio), pelo tratamento dos dados numéricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO FILHO, M.S.; AGUIAR NETO, B.G. A Avaliação das Condições de Oferta e os Resultados do Exame Nacional de Cursos: Análise Comparativa e Estudo de Caso, XXVIII COBENGE, Congresso Brasileiro, CD-ROM, Ouro Preto, 29 de outubro 01 de novembro, 2000.
- ARAÚJO FILHO, M.S.; LOUREIRO, R.J.A. Os Resultados do Questionário-Pesquisa do Exame Nacional de Cursos: Como utiliza-los para melhorar a qualidade dos cursos de graduação? XXVIII COBENGE, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, CD-Rom, Ouro Preto, 29 de outubro 01 de novembro, 2000.
- CORRÊA, M.V.; TERRA, I.P. Análise Estatística dos resultados do Exame Nacional de Cursos de 1999, XXVIII COBENGE, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, CD-Rom, Ouro Preto, 29 de outubro 01 de novembro, 2000.
- INEP/MEC. Provão Exame Nacional de Cursos, Relatório Síntese 2000, Resumo Técnico, pp. 70-74, Ministério da Educação, Brasília, 2000.
- INEP/MEC. Provão Exame Nacional de Cursos, Relatório Síntese 1999, Engenharia Mecânica, pp. 309-340, Ministério da Educação, Brasília, 1999.
- INEP/MEC. Provão Exame Nacional de Cursos, Relatório Síntese 2000, Engenharia Mecânica, pp. 191-202, Ministério da Educação, Brasília, 2000.
- INEP/MEC. Manual de Avaliação do Curso de Engenharia Mecânica, Ministério da Educação, Brasília, 2002.
- GENOVOIS, B.B.P. Desempenho dos Cursos de Engenharia Civil segundo o Exame Nacional de Cursos, XXVIII COBENGE, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, CD-Rom, Ouro Preto, 29 de outubro – 01 de novembro, 2000.
- MEC-SESU. Avaliação das Condições de Oferta de Cursos de Graduação, Relatório-Síntese, pp. 57-61 e pp. 97-100, 1999.
- ORLANDE, H.R.B.; PARISE, J.A.R.; BARROS, M.; CALIXTO, R.C. O questionário de pesquisa e sua relação com o desempenho dos cursos, 1º Seminário do Provão de Engenharia Mecânica, INEP-MEC, Brasília, 26-27 de março de 2001.
- SCHWARTZMAN, S. A Relação Silenciosa do Ensino Superior, apresentado no Seminário "O Sistema de Ensino Superior Brasileiro em Transformação", NUPES/USP, São Paulo, março de 2000.

#### DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



#### Mônica Barros

Doutora em Séries Temporais pela PUC-Rio, Mestre em Estatística pela University of Texas at Austin, Bacharel em Matemática pela University of Washington. Atualmente é Profa. Adjunta do Departamento de Eng. Elétrica da PUC-Rio. Escreveu dois livros:

"Probabilidade: um curso introdutório" e "Processos Estocásticos", ambos publicados pela Papel Virtual Editora. Tem trabalhado como consultora para grandes empresas em projetos relacionados às áreas de Energia, Finanças e Marketing. No período 1999-2001 foi Assistente-Chefe do Presidente da PETROS e entre 2001 e 2002 foi Gerente de Risco da El Paso Merchant Energy no Brasil.



#### Reinaldo Campos Calixto

Licenciado em Química pela UERJ, obteve, na PUC-Rio, seu grau de Mestre em Química Analítica em 1980 e de Doutor, em 1988. Professor Associado da PUC-Rio, exerce, atualmente, o cargo de Vice-Decano e Coordenador Setorial de Graduação do

Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Áreas de interesse: Espectrometria, Análise de Traços e Ensino de Ciências.



#### Helcio R. B. Orlande

Formado em Engenharia Mecânica pela UFRJ em 1987, onde também obteve o título de Mestre em 1989. Doutor pela North Carolina State University em 1993. Atualmente é Professor Adjunto do Departamento/ Programa de Engenharia Mecânica da POLI/

COPPE/UFRJ. Áreas de interesse: métodos numéricos para solução de probemas diretos e inversos em transferência de calor e massa e ensino de engenharia.



#### José Alberto dos Reis Parise

Engenheiro Mecânico pela PUC-Rio, onde também obteve o grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Doutorou-se, em 1983, em Engenharia Mecânica na UMIST (University of Manchester Institute of Science and Technology), Inglaterra. Professor

Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio, exerce atualmente o cargo de Decano do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. É também o 2º Vice-Presidente da ABENGE, eleito para o biênio 02-04. Áreas de interesse: Refrigeração, Energia e Ensino de Engenharia.

# DEFININDO COMPETÊNCIAS PARA ENGENHARIA: A VISÃO DO MERCADO DE TRABALHO

Sinval Z. Gama1 & Marcos A. da Silveira2

#### **RESUMO**

Apresenta-se uma metodologia para inquirir o mercado de trabalho em vista da definição das competências a serem utilizadas na montagem do currículo de cursos de engenharia. São discutidas as noções de conhecimentos, habilidades e atitudes, intermediárias entre as competências e o desenho do currículo. Posicionase os papéis do mercado de trabalho e da academia neste tipo de trabalho. Como aplicação da metodologia, apresenta-se um resumo do trabalho realizado pelos autores sobre as competências do engenheiro eletricista.

Palavras-chaves: perfil de formação, currículo, competências, mercado de trabalho, engenharia elétrica

#### ABSTRACT

A methodology to inquire the work market to define the competences to be used to built engineering curriculi. The concepts of knowledge, habilities and skills, placed between competences and curriculi definition, are discussed. The roles of the work market and the academy are posed. As an application, a summary of the research on the electrical engineering competences realized by the authors is presented.

Key-words: curriculum, competences, work market, electrical engineering

# INTRODUÇÃO

A composição dos currículos dos cursos de engenharia tem sido feita a partir da opinião de Comitês de Especialistas, exposta à crítica informal de associações e de escolas, sem ouvir objetivamente o mercado de trabalho. Se, de um lado, não é desejável entregar o desenho dos cursos apenas ao mercado de trabalho, por razões discutidas abaixo, por outro lado este deve ser levado em consideração, dado que cursos de engenharia são, por definição, profissionalizantes. O risco de ignorar o mercado de trabalho é o de preparar-se engenheiros frustados e frustantes, que só obterão emprego devido ao corporativismo reinante no país. Porém consultar o mercado de trabalho não é tarefa simples, dado que este é uma abstração social, comportando diferentes opiniões correspondendo a diferentes práticas e visões de mundo.

Neste trabalho, discutiremos rapidamente o problema, mostrando uma metodologia para consulta do mercado de trabalho quanto ao desenho de cursos de engenharia. Será necessário, primeiro, discutir os conceitos envolvidos, e separar os papéis dos diferentes atores envolvidos, de forma crítica. A seguir, após uma descrição sucinta da metodologia, será apresentado o trabalho realizado para definição dos

conhecimentos, habilidades e atitudes que levam as competências necessárias ao engenheiro eletricista no país, neste início de século. Alguns comentários gerais fecham o artigo.

O tema deste trabalho já foi tratado em três artigos anteriores, baseados nos resultados preliminares da pesquisa citada (da Silveira e Gama, 2000), (Gama, da Silveira e Souza, 2000a) e (Gama, da Silveira e Souza, 2000b). Depois destes artigos, a metodologia foi melhorada e a conceituação subjacente pode ser precisada. Os resultados completos aparecem na tese de doutorado (Gama, 2002) e em um trabalho ainda em preparação.

#### ALGUNS CONCEITOS FUNDAMENTAIS

O caminho escolhido para o desenho curricular foi o que começa pela definição dos saberes e competências esperadas para o engenheiro, passando por uma listagem de conhecimentos, habilidades e atitudes, para então considerar o processo de construção e formação destes últimos. Se este caminho foi intuitivamente proposto pelo REENGE e em (Silveira et al., 1995), só depois dos trabalhos de Roupé,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Engenheiro, Doutor, CEMAR. Av. Colares Moreira, 477, CEP 65075-440, São Luís, Maranhão. Fone: (98) 217-2102, Fax: (98) 235-3000. E-mail: sinval.gama@cemar-ma.com.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor, Docteur d'État. Departamento de Engenharia Elétrica/PUC-Rio. Rua Marquês de São Vicente, 225, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ. Fone: (21) 2529-9429, Fax: (21) 2511-5154. E-mail: marcos@ele.puc-rio.br

Tanguy e Perrenoud foi possível separar suas componentes, tornando precisas as definições, escapando das armadilhas ideológicas embutidas nos diferentes sentidos destas palavras (Ropé e Tanguy, 1997), (Perrenoud, 1999).

O dicionário Larousse Comercial define *competência* como: "Nos assuntos comerciais e industriais, a competência é o conjunto de conhecimentos, qualidades, capacidades e aptidões que habilitam para a discussão, a consulta, a decisão e tudo o que concerne seu ofício... Ela supõe conhecimentos fundamentados..... geralmente, considera-se que não há competência total se os conhecimentos teóricos não forem acompanhados das qualidades e da capacidade que permitem executar as decisões sugeridas ."

Na visão de Ropé e Tanguy a noção de *competência* tende a substituir outras que prevaleciam anteriormente como as dos *saberes* e *conhecimentos* na esfera educativa, ou a de *qualificação* na esfera do trabalho, inclusive contemplando a noção de *formação* que apareceu nos anos 60 e se consolidou nos anos seguintes, primeiramente associada à noção de *educação* que já tinha ocupado o lugar de *instrução*, que dominava o campo no início do século.

Lucie Tanguy tenta formalizar uma pedagogia das competências: "O termo pedagogia compreendido no sentido amplo de uma atividade social que engloba a seleção de saberes a serem transmitidos pela escola, sua organização, sua distribuição numa instituição diferenciada e hierarquizada, sua transmissão por agentes especializados e sua avaliação por métodos apropriados." Na formação de um léxico, definiu: "saberes – conjunto de conhecimentos que o aluno domina e que a ele pertencem particularmente (aprendizagens passadas e atuais ou aprendizagens informais); e competências aptidão para realizar, em condições observáveis, conforme exigências definidas." Já Perrenoud (1999) define "competência como o saber-mobilizar conhecimentos e habilidades para fazer frente a um dado problema, ou seja, as competências designam conhecimentos e qualidades contextualizadas."

Quanto ao termo função, Ropé o define como o conjunto de atividades na empresa voltado para uma dada finalidade, possuindo caráter coletivo e finalizando a atividade individual. O termo atividade é entendido como o conjunto de tarefas efetivamente executadas pelo indivíduo que concorre a uma ou várias funções na empresa, segundo as condições de exercício identificadas. Ainda segundo a mesma autora, a definição atribuída para tarefas é a descrição de um elemento da atividade que corresponde a uma prestação esperada, com base nos recursos de que dispõe a pessoa e em razão das exigências que lhe são fixadas. Estas noções diferenciam-se claramente de cargo, posição ocupada no quadro hierárquico da empresa, descrevendo mais a estrutura dos poderes que a dos fazeres.

Ainda Tanguy: "Os saberes a ensinar constituídos em função das finalidades estabelecidas pela escola, permanece disciplinar, ou seja, refere-se a um *corpus* de conhecimentos construídos ou em construção." Com o conjunto destes *saberes* ensinados espera-se que o receptor fique *competente* para exercer uma tarefa, ação, atividade ou compreender uma

situação. Assim sendo, se estabelece um conjunto de capacidades traduzidas em *competências*, que ao serem incorporadas torna possível uma avaliação. É esperado que a transmissão dos *saberes* escolares compreenda a passagem dos *conhecimentos* e do *savoir-faire* (aqui entendido como as capacidades numa situação precisa que o indivíduo manifesta para resolver um problema proposto utilizando suas habilidades e incorporando um conjunto de atitudes).

Na tese de doutorado de Barros (1997) é analisado o sentido das *habilidades* requeridas do indivíduo. Ressaltase: "A escola e a Universidade dão, portanto, sua contribuição na formação do indivíduo: as *habilidades* genéricas (transferíveis entre setores e empresas); as *habilidades* referentes ao ramo de atividade e as *habilidades* específicas da empresa". Na sua pesquisa é apresentado um quadro de *habilidades* para o mundo do trabalho resultado de estudos do U.S. Departament of Labor (1991).

Este conjunto de *habilidades*, exigidas dos profissionais pelo mundo pós-industrial, se torna cada vez mais significativo e importante quando se busca resultados a atingir e obrigatoriamente devem ser priorizados em qualquer programa de preparação de indivíduos.

Adicionado aos conhecimentos e habilidades necessárias, também se verifica nos tempos atuais um conjunto de atitudes profissionais para os engenheiros, contemplado na proposta de diretrizes curriculares da ABENGE (1998), que as definiu como "estado de espírito que se reflete na conduta, nos sentimentos ou nas opiniões em relação às coisas, condições e assim por diante e a posição tomada para demonstrar este sentimento." Determinadas competências exigem o desenvolvimento de atitudes, tais como a atitude empreendedora.

Em resumo: os saberes ensinados e eruditos disponibilizados possibilitam a transferência dos conhecimentos necessários para o desempenho das atividades, tarefas, etc., e, com uso das habilidades e com corretas atitudes, são transformados nas competências requeridas para o cargo e função, permitindo a resolução dos desafios que se apresentam. Nesta conceituação, os conhecimentos são os saberes que foram apropriados pelo profissional e por ele são utilizados.

Atualmente, as escolas de engenharia contemplam nos seus currículos, básicamente, a transferência de conhecimentos. Algumas já estão inserindo também um conjunto de atitudes (por exemplo a atitude empreendedora). O assunto não está claramente equacionado, não havendo referências às metodologias didáticas a serem utilizadas salvo pelas invocações rituais ao "ensino prático" e ao número de horas de laboratório.

A noção de *currículo* aqui utilizada é a de um plano de estudos e trabalhos visando à formação das atitudes, habilidades e conhecimentos necessários para as competências desejadas.

## METODOLOGIA DE PESQUISA

A seguir será apresentada a metodologia de pesquisa para consulta do mercado de trabalho em vista da definição das

competências esperadas do profissional na área, cf (Gama, 2002).

A entidade abstrata *mercado de trabalho* não permite uma consulta simples. Não apenas é multiforme (diferentes tipos de empresas e associações, com alcances geográficos e industriais variados e políticas gerenciais diversas), mas a consulta é feita a profissionais trabalhando nestas empresas, que respondem a diferentes tipos de formação (técnica e ideológica), sofreram um conjunto não homogêneo de experiências (o que altera sua percepção do conjunto), e possuem diferentes visões do mundo, dependentes das funções e cargos historicamente ocupados. E claro, poucos profissionais estão bem informados sobre os cursos atuais oferecidos pelas Escolas de Engenharia. Não há uma opinião do mercado de trabalho, mas opiniões dentro dele.

Devemos estar preparados para reconhecer grupos imediatistas, sem visão de futuro. O profissional deve estar preparado para enfrentar múltiplas exigências, que se alteram ao longo de seu tempo de vida, onde ocupará diferentes cargos e será responsável por diferentes funções. Mas o profissional questionado está, em geral, em meio a seu percurso, entregue à sua função atual. O aluno, por sua vez, busca aumentar sua *empregabilidade*, se nos permitem tal neologismo. Ora, empresas e profissionais tendem a esquecer que formações mais amplas aumentam a *empregabilidade*, mesmo se as listas de especificações profissionais que encontramos junto à empresas – basta recolhê-las nos anúncios para estagiários - privilegiem atitudes (ética, por exemplo) e competências gerais (saber aprender, por exemplo), em relação aos conhecimentos técnicos especializados.

Como foi percebido na pesquisa sobre o setor elétrico, respostas espontâneas tendem a reafirmar a formação do entrevistado, que então parece voltado para o passado ou para as necessidades imediatas de sua função. Daí a importância da chamada *pesquisa induzida*, onde o entrevistado é levado a refletir sobre o futuro e sobre as possibilidades tecnológicas.

Visões de futuro costumam ser encontradas em estudos setoriais (pouco freqüentes no país), na academia e na posição dos intelectuais da área. Para o setor elétrico há o conjunto de trabalhos do CIGRÉ, que discutem os temas de importância atual e procuram prognósticos sobre a tecnologia futura. Mesmo assim, outros estudos foram encomendados pela ELETROBRÁS, como a definição de uma "árvore de conhecimentos" pelo GPI/EE-COPPE/UFRJ, (1999), buscando caracterizar (de forma consolidada) os conhecimentos necessários aos engenheiros da área. Curiosamente, dentro de uma grande lista de temas técnicos, este trabalho caracteriza algumas habilidades e atitudes.

O subprograma REENGE, gerou uma grande massa de estudos e discussões sobre a formação do engenheiro. Embora tenha sido um grande avanço em relação aos trabalhos anteriores, as definições aí encontradas são por demais genéricas para fixar os caminhos da escolha de currículos específicos. Faltaram estudos setoriais objetivos e profundos no Brasil. Alguns estudos deste tipo podem ser encontrados

nos países desenvolvidos, naturalmente voltados para suas realidades nacionais. Por exemplo, o já citado trabalho do U.S. Department of Labor (1991).

#### O CASO DO SETOR ELÉTRICO

Como exemplo de uma metodologia para consultar a "opinião do mercado de trabalho" será relatada a pesquisa realizada junto ao setor elétrico dos estados de Pernambuco e do Rio de Janeiro, buscando caracterizar as competências esperadas para o engenheiro eletricista brasileiro neste início de século.

Após a listagem das competências, conhecimentos, habilidades e atitudes julgados necessários em algum dos estudos anteriores aos engenheiros eletricistas - ver o relatório (da Silveira, 2000) - passou-se a uma pesquisa de opinião entre os engenheiros do setor elétrico, incluindo representantes da il·Indústria de energia elétrica e da academia. Primeiro caracterizou-se o engenheiro pesquisado: informações gerais, formação, interesses, cargo, funções e atividades (atuais e mais frequentes). Depois, de forma expontânea, verificou-se sua opinião sobre conhecimentos e habilidades que lhe faltaram, ou que achava mais importantes para o exercício profissional. Finalmente, o entrevistado foi confrontado com as listas de conhecimentos, habilidades e atitudes já preparadas, para indicar a importância relativa dos diversos itens. Houve o cuidado em separar conhecimentos claramente importantes para a área (circuitos elétricos, por exemplo) dos conhecimentos gerais no mesmo nível (resistência dos materiais e mecânica dos fluidos, por exemplo). Resultados iniciais aparecem em (Gama, da Silveira e Souza, 2000a) e (Gama, da Silveira e Souza, 2000b).

A pesquisa foi inicialmente testada em Pernambuco, onde o setor elétrico reduzia-se, na época, à UFPe e à CELPE. Depois foi aplicada no estado do Rio de Janeiro (por restrições de financiamento a pesquisa não pode abranger<del>u</del> a totalidade do país), onde há todos os tipos de empresas do setor elétrico.

Os engenheiros pesquisados foram agregados, após análise estatística dos dados obtidos, em três grandes classes:

- (a) Grupo crítico: composto por aqueles que conhecem a formação do atual engenheiro, atuam em comando, assessoramento ou junto à academia, e apresentam sugestões de melhoria dos cursos. A maior parte fez curso de PG, ao contrário dos demais grupos. São formados pelas principais universidades (com cursos de graduação e de PG bem conceituados).
- (b) *Grupo tecnicista*: composto por aqueles que atuam na execução técnica e apresentam sugestões de melhoria. São formados em grande parte em universidades tecnicistas e já possuem certa idade (grupo formado por Itajubá, atuando em gerência) ou atuam em tarefas técnicas.
  - (c) Grupo neutro, os demais.

O grupo crítico indicou um perfil de formação lembrando o engenheiro defendido nos textos do REENGE (chamamos de *engenheiro REENGE*), apenas dando alguma preponderância à formação técnica em Sistemas de Potência em relação às demais formações técnicas: 1) matérias técnicas de formação específica do engenheiro eletricista, 2) comunicação oral e escrita, 3) ciências básicas, 4) novas tecnologias e tecnologias auxiliares, 5) operação e planejamento, incluindo seus aspectos econômicos.

O grupo tecnicista deferiu os itens 2 e 5, dando preponderância às matérias técnicas. A importância das ciências básicas foi considerada secundária, a formação em gerenciamento e visão comercial considerada supérflua. O engenheiro com este perfil, que chamamos de *engenheiro especialista*, está próximo ao perfil definido pelo MEC na década de 70 (MEC, 1976).

O grupo neutro deu respostas contraditórias, sempre muito influenciado por sua atual tarefa técnica.

Todos recusaram as ciências da engenharia não voltadas par o setor elétrico (resistência dos materiais e mecânica dos fluidos). Isto é, descartam um engenheiro generalista, com formação estendida à engenharia civil e à engenharia mecânica: o conhecimento técnico (não o de formação geral ou em ciências básicas) deve se ater à especialidade.

Ficou também evidente que o grupo funcional técnico, no momento da execução, tem significativa diminuição da atividade técnica. Ocupa-se principalmente com as tarefas administrativas e gerenciais, uma característica do mercado de trabalho para engenheiros no país, onde pouco se desenvolve equipamentos ou realiza-se projetos completos. Conclui-se que os entrevistados usam, para o desempenho de sua função (dita técnica), na posição de engenheiro, de todo um conjunto de conhecimentos diferente do puramente técnico, corroborando a visão do grupo crítico.

Quanto às novas tecnologias ou conhecimentos econômicos mais profundos, os entrevistados indicam ser apropriados para a formação contínua (MBAs e PG), pois só são necessários eventualmente e de forma imprevisível (novas tecnologias) ou após grande experiência e tempo de serviço (economia e gerenciamento especializado).

Todas os três grupos indicam os mesmos conjuntos de habilidades e atitudes, com o grupo crítico indicando mais fortemente as características do engenheiro empreendedor. Nas entrevistas pessoais, o "aprender a aprender" foi especialmente realçado. Poucos entrevistados indicaram a atitude ética, por incrível que pareça, embora esta surja de forma proeminente nas especificações das empresas buscando estagiários. É preciso dizer que sempre que perguntamos aos gerentes de RH destas empresas o significado de "atitude ética" ouvimos referências expontâneas apenas à ética da empresa e ao comportamento em relação aos colegas, nunca em relação à sociedade ou às leis vigentes.

Resultados mais completos se encontram em (Gama, 2002).

## COMENTÁRIOS ESPECÍFICOS

Afinal, qual a opinião dos engenheiros no mercado de trabalho sobre o perfil de formação do engenheiro eletricista?

Ela é influenciada pela formação do entrevistado, pela funções que já ocupou e por suas tarefas atuais. Mas, ponderando as qualificações dos diferentes grupos detectados, é possível discernir uma orientação na direção do *engenheiro REENGE*, desde que a necessária caracterização técnica não seja perdida. Esta é vista mais como fundamentação de decisões administrativo-gerenciais (o que inclui cálculo de custos e escolhas de política) do que como capacitação a resolver os problemas técnicos em si.

Competências para a atividade de projeto de engenharia são vistas mais como desenvolvimento de novas tecnologias (e aí aparecem os pesquisadores do CEPEL e das universidades), do que apoio à manutenção de sistemas com tecnologias conhecidas.

No entanto, há uma parcela considerável que defende o engenheiro tecnicista, como um reflexo das idéias preponderantes há 30 anos, no tempo de sua diplomação. E há engenheiros que jamais saíram de tarefas técnicas, em geral formados por Escolas de Engenharia de menor renome.

Temos aqui um quadro que permite a defesa do perfil do engenheiro REENGE, com indicação clara dos conhecimentos, habilidades e atitudes a serem contempladas pela escola de engenharia. Ver o trabalho de Gama (2002). Mas há também necessidade do engenheiro especialista, não como anacronismo, mas como elo importante entre os técnicos e os gerentes. Fica a sugestão da indicação de dois (ou mais) perfis de formação, a ser escolhido de acordo com o público da escola em particular, com suas possibilidades e tradições, e com o mercado de trabalho local.

Talvez seja melhor oferecer ao aluno diferentes formações (através de disciplinas eletivas ou optativas), deixando a este a escolha de sua formação, de acordo com as variações locais do mercado de trabalho e do interesse do aluno. Claro, é sempre importante sinalizar com clareza, ao aluno e à sociedade, o perfil de formação desejado pelo mercado de trabalho naquele instante. Esta informação exige trabalho e pesquisa.

# COMENTÁRIOS FINAIS

O problema do estudante é aumentar sua empregabilidade, o que o leva a preferir perfis de formação mais abertos, na direção do engenheiro REENGE, ou mesmo do engenheiro de produção elétrica. Este movimento é claramente perceptível no movimento interno dos alunos do CTC/PUC-Rio, que podem mudar de habilitação ao longo de sua formação, e é um dos argumentos principais da propaganda que a Escola Politécnica da USP vem fazendo de sua nova estruturação. Aliás, o estudante típico se pergunta qual mercado de trabalho lhe fornece mais oportunidades.

Foi verificado que o setor elétrico do estado do Rio de Janeiro tem empregado um número muito menor de engenheiros que os formados em engenharia elétrica no mesmo estado (Gama, 2002). Boa parte destes engenheiros (com certeza os formados pela UFRJ e pela PUC-Rio) encontra empregos de bom nível junto ao setor de serviços (não

elétricos). Também foi observado que vem sendo contratados engenheiros formados em escolas de engenharia menos conceituadas (se usarmos os critérios das condições de oferta, do MEC, e a existência de curso de PG bem conceituado pela CAPES). O que justifica uma escolha por perfis de formação mais abertos quanto a funções, e não quanto a técnicas.

O problema acadêmico é o de como formar um engenheiro com o perfil indicado, lembrando que haverá divisão de tarefas entre escolas diferentes (perfis adaptados a seu mercado particular e à sua história) e entre formação inicial e formação continuada.

Consideramos que não cabe ao mercado de trabalho especificar currículos, mas apenas indicar perfis de formação (competências, conhecimentos, habilidades e atitudes), a serem filtrados e completados pela cademia, frente a suas visões de futuro e frente ao interesse dos alunos.

A montagem do currículo deve considerar:

- perfil de formação desejado, considerado o mercado de trabalho que pretende atinjir;
- visão de futuro da escola, incluindo aqui os valores que defende (visão humanística, ética, etc.);
  - possibilidades e história da Escola;
- possibilidades de estratégias didáticas frente à estrutura lógica do conhecimento a ser aprendido, e das habilidades e atitudes a serem desenvolvidas.

Como exemplo, neste último item, lembrar que um mesmo conceito pode e deve retornar várias vezes, em problemas referentes a competências diversas, sendo construído por retoques sucessivos, mas sempre dentro das possibilidades da estrutura lógica da teoria que o define (da Silveira, 2002).

Apresentamos a sugestão de realizar pesquisas semelhantes para os diferentes setores do mercado de trabalho de engenharia, instruindo currículos, estudantes e sociedade. Mas qual mercado de trabalho? O específico (o setor elétrico, como acima) ou o mercado extendido, incluindo o setor de serviços, que, afinal, emprega a maior parte dos alunos de engenharia? O mercado de trabalho segundo a concepção CREA/CONFEA (que só investiga as empresas do setor e as funções "próprias" ao engenheiro, em sentido restrito) ou o mercado de trabalho real encontrado pelos egressos das escolas de engenharia conceituadas<sup>3</sup>.

#### **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa foi parcialmente financiada pela ELETROBRÁS e pelo CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENGE (1998). Propostas de Diretrizes Curiculares para a Educação em Engenharia no Brasil, Proposta ABENGE. Brasília: ABENGE.
- BARROS, A. A. (1997). A Contribuição Econômica da Educação nas Indústrias Inovadoras, Tese de Doutorado, Instituto de Economia da UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ.
- DA SILVEIRA, M. A., MEIRELLES, L. A., PAES E SILVA, ISABEL MARIA (1995), Notas Sobre o Curso de Engenharia, in Nova Visão dos Cursos de Engenharia e suas Implicações na Universidade Moderna: uma Proposta da PUC-Rio, Relatório Interno do Decanato do CTC, PUC-Rio, julho de 1995.
- DA SILVEIRA, M.A., GAMA, S.Z. (2000). Da Técnica à Análise de Custos: Moda ou Deslocamento Histórico da Engenharia?, Anais do CBA2000, CDROM, Florianópolis: UFSC.
- DA SILVEIRA, M. A., SOUZA, R. C. (2000). O Perfil do Engenheiro Elétrico para o Próximo Século, Pesquisa de Mercado, Relatório para a ELETROBRÁS, outubro de 2000.
- DA SILVEIRA, M. A (2002). Conceitos, Sentido E Competências: Aplicando O Ensino Concorrente, em proposição (ver Relatório Interno DEE 02/02, DEE/PUC-Rio. Rio de Janeiro, RJ.
- F. ROPÉ, L. TANGUY (orgs.), Saberes e Competências: o uso de tais noções na escola e na empresa. Tradução de P. C. Ramos e equipe do ILA/PUCRGS sob superv. J. Desaulniers.SP, Campinas: Editora Papirus, 1994.
- GAMA, S. Z. (2002). Novo Perfil de Formação do Engenheiro Eletricista no Início do Século XXI, Tese de Doutorado, Programa de PG em Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, dezembro de 2002.
- GAMA, S. Z., DA SILVEIRA, M. A., SOUZA, R. C. (2000a). The Expected Profile of the Next Century Brazilian Electrical Engineer, Proceedings ICEE2000, CDROM, Taiwan: National Science Council (ISSN 1562-3580)
- GAMA, S. Z., DA SILVEIRA, M. A., SOUZA, R. C. (2000b). Brazilian Electrical Engineer Profil for the Next Century, Proceedings ICECE2000, CDROM, São Paulo: SENAC.
- GPI/EE-COPPE/UFRJ (1999). Perfis Prováveis para os Segmentos de Geração e Transmissão, Relatório FURNAS. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS.
- MEC (1976). Resolução 48/76 do Ministério da Educação e do Desporto (DO da União, 27 de abril de 1976)
- PERRENOUD, P. (1999). Construir as Competências Desde a Escola, Editora Artes Médicas, Porto Alegre RS.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Os autores usam o termo "conceituadas" e não "superiores" ou "melhores", pois sabem que entra aqui a imagem da Escola diante da sociedade, e não a excelência diante de um critério aqui (usualmente) não especificado

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



#### Sinval Zaidan Gama

Engenheiro Eletricista, UFPE, 1977, Doutor em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002, atual Presidente da Companhia Energética do Maranhão- CEMAR. Pesquisa na área de Educação em Engenharia, em especial sobre o perfil de formação e a educação continuada

do engenheiro eletricista.



#### Marcos Azevedo da Silveira

Bacharel em Matemática, PUC-Rio, 1974; Mestre Em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 1976; Docteur d'État ès Sciences (Automation), UPS (Toulouse), 1981. Professor Associado do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio. Dirigiu o DEE de 1995 a 1999. Atua

nas áreas de Teoria de Controle, Projeto de Servomecanismos e Educação em Engenharia. É professor de disciplinas teóricas nas áreas de Controle e Automação, Processos Estocásticos e Métodos Matemáticos.

# A GESTÃO DA QUALIDADE E O ENSINO DE ENGENHARIA

Luis Roberto de Camargo Ribeiro1 & Renato Vairo Belhot2

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é contribuir para a discussão sobre a melhoria da qualidade do ensino superior, particularmente de engenharia. A partir de uma analogia com o processo produtivo, analisa as fases de desenvolvimento do processo educacional e propõe a reflexão sobre aprimoramento do ensino de engenharia a partir da perspectiva de utilização de alguns princípios da Gestão da Qualidade, levando em conta sua diferente especificidade.

Palavras-chaves: ensino de engenharia, ensino superior, gestão educacional, gestão da qualidade

#### **ABSTRACT**

The objective of this work is to contribute to the discussion about quality improvement in higher education, particularly engineering. From an analogy with the productive process, it analyzes the development phases of the educational process and proposes the reflection on the improvement of engineering education from the perspective of using some principles of Quality Management, taking into account its different specificity.

Key-words: engineering education, higher education, educational management, quality management

## INTRODUÇÃO

A qualidade no ensino e na pesquisa sempre foi um dos objetivos das universidades e demais instituições de ensino. A busca da qualidade no ensino superior não é um aspecto recente. Sempre buscou-se qualidade na educação superior, especialmente no que se refere à relevância científica e qualidade pedagógica do ensino – entendido aqui como parte indissociável do binômio ensino-aprendizagem, já que só se pode dizer que há ensino quando ocorre aprendizagem.

O conceito de qualidade também não é um conceito estático: a escola de qualidade do passado cultivava valores que hoje não se sustentam (Vieira, 1995). Esta diferença entre os valores cultivados pelas escolas do passado e do presente apontam para uma mudança de paradigma na educação.

## MUDANÇA DE PARADIGMA NA EDUCAÇÃO

A palavra paradigma significa um modelo ou padrão. Para Twigg (1992), um paradigma representa uma maneira de ver o mundo, um conjunto de percepções comuns que nos capacita a entender ou prever comportamentos. Esta visão, formada a partir de experiências passadas, nos leva a gerir fases novas de nossa vida com a mentalidade que estruturamos nas fases precedentes, o que, de acordo com De Masi (1999), determina uma posição de prudência ou de recusa a inovações, mesmo quando são francamente vantajosas. Para este autor, este mecanismo espontâneo de defesa atua com força maior quanto mais medrosa for a natureza do indivíduo, quanto mais conservadora for a sua formação, quanto mais rígida for a estrutura da organização e quanto mais rápidas e profundas forem as mudanças.

Embora mudanças de paradigmas sejam comumente associadas a inovações, é importante ressaltar que a proeminência de um paradigma não significa necessariamente que as demais visões de mundo, particularmente de ensino superior, não estejam também presentes. Isto ocorre tanto com os diversos modelos de gestão da produção, tais como o artesanato, taylorismo-fordismo, Gestão da Qualidade etc., como com modelos educacionais. Tampouco significa que suas bases não tenham sido pensadas no passado. Por exemplo, alguns dos elementos de modelos instrucionais emergentes, tais como PBL (*Problem-based Learning*),

Doutorando. Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos. Via Washington Luiz, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP. CP 676. Fone: (16) 260-8356. E-mail: luisrcr@uol.com.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor, Doutor. Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP. Fone: (16) 273-9428. E-mail: rvbelhot@sc.usp.br

aprendizagem ativa, aprendizagem centrada no aluno, aprendizagem significativa etc., podem ser encontrados nas intenções dos fundadores da Universidade de São Paulo na década de 30 (Masetto, 1996), a saber: a colocação do aluno em contato com a realidade profissional desde o primeiro ano; a superação dos requisitos teóricos para se partir para a prática; a aquisição do conhecimento de forma não necessariamente lógica e seqüencial; a construção do conhecimento em rede, não linear; e a responsabilização dos alunos por seu desenvolvimento profissional e por seu comportamento ético com relação aos colegas, professores e sociedade.

De qualquer maneira, é importante para o setor educacional estar atento às mudanças que estão ocorrendo na sociedade e prever seus desdobramentos de modo a antecipar tendências e formular diretrizes que melhor se adeqüem ao contexto em que vivemos.

#### Da Educação Artesanal à Educação em Massa

A educação, como outras atividades humanas, também tem passado por constantes mudanças de modo a adaptar-se aos contornos político-sociais das várias épocas da história da humanidade. Estas transformações guardam muita semelhança com as do setor secundário, sendo assim possível fazer um paralelo entre a evolução do setor educacional e a do setor produtivo.

No período que antecedeu a industrialização, a forma como a prática educacional ocorria pode ser comparada à fase artesanal do processo de produção de bens. Nessa época a educação era privilégio de poucas pessoas e a cargo de tutores, que geralmente planejavam e administravam seus cursos a poucos alunos conforme os requisitos das famílias abastadas que os contratavam. O ensino era, em linguagem da gestão da produção, customizado, isto é, feito sob medida para clientes individuais.

Com o advento da Revolução Industrial, o crescimento populacional e os avanços sociais e tecnológicos determinaram um aumento na demanda por conhecimento e educação. Assim, para tornar a educação acessível a maiores parcelas da população o modelo de educação artesanal foi gradualmente substituído pela educação em massa e as instituições educacionais constituíram-se de forma a poder abrigar e atender números crescentes de alunos, organizandose física e administrativamente à maneira das unidades fabris.

No modelo de educação em massa, o mesmo conhecimento era colocado à disposição de um grande grupo de pessoas – a despeito de terem necessidades e expectativas diferentes (Belhot, 1997). Não existia neste contexto a preocupação em atender as necessidades específicas dos alunos, nem em avaliar as necessidades do mercado de trabalho, pois a grande carência de profissionais, em todas as áreas do conhecimento humano, possibilitava o emprego imediato de todos os formandos. Embora não sendo afirmar que a Administração Científica de Taylor tenha influenciado diretamente os processos educacionais pode-se identificar alguns de seus princípios na gestão da educação em massa, sendo uma de suas conseqüências mais visíveis a ênfase excessiva na

avaliação dos alunos ao final de um processo, baseada na premissa de que as especificações do produto definem os padrões de desempenho do produto.

Este modelo educacional começou a mostrar suas limitações a partir do término da 2ª Guerra Mundial, quando as instituições de ensino, principalmente as universidades, começaram a proliferar-se e diversificar-se rapidamente, devido ao aumento da população e ao avanço da ciência. Os conhecimentos e a informação multiplicaram-se como nunca antes. Apesar disto, muitas instituições de ensino superior continuam a operar dentro do paradigma taylorista-fordista. A semelhança com a organização desse paradigma produtivo começa na própria forma de organizar-se física e administrativamente, i.e., o sequenciamento das disciplinas, créditos e séries assemelha-se à linha de montagem, aos departamentos etc. Outros pontos de convergência são apontados por Sirvanci (1996): da mesma forma como algumas empresas manufatureiras ainda inspecionam a matéria-prima, as universidades fazem o vestibular; as fábricas testam e retrabalham o produto durante o processo, as universidades testam seus alunos, os quais refazem a disciplina quando necessário e recebem ao fim do processo um diploma, semelhante à marca, ao laudo técnico ou certificado de qualidade dos produtos do setor secundário; a avaliação de algumas instituições é baseada no número de alunos que se gradua anualmente ou número de doutores e mestres, o que remete ao tipo de avaliação por quotas numéricas, comum em organizações manufatureiras no modelo de produção em

#### Paradigmas Alternativos para a Educação Superior

De forma análoga às empresas de outros setores produtivos, as universidades se defrontam com problemas que não encontram soluções dentro do paradigma da educação em massa. A razão disto é que o contexto atual é diferente daquele que determinou o desenvolvimento do modelo taylorista-fordista, ao qual grande parte das instituições de ensino superior se assemelha. Um dos fatores mais significativos deste novo contexto, segundo Twigg (1992), é a velocidade com que novos conhecimentos são gerados no mundo de hoje. O passo acelerado do desenvolvimento tecnológico, agravado pela atual instabilidade das carreiras profissionais, faz com que as pessoas atuem em muitas áreas diferentes durante suas vidas e torna clara a necessidade de educação continuada e re-capacitação dos membros da sociedade. O aprendizado por toda a vida do profissional sem implicar em um aumento do número de anos de escolaridade – torna-se cada vez mais importante.

Isso significa que profissionais retornarão em números cada vez maiores à universidade para atualizar seus conhecimentos e precisarão de instrução em horários alternativos, no período noturno ou em meio-período. O aumento de demanda por ensino superior também será devido ao acesso de maiores parcelas da população socialmente emancipadas. Esta nova conjuntura aponta para a existência de clientelas estudantis mais diversificadas do que as atuais,

diferindo do modelo ainda buscado pela maioria das universidades onde os alunos são jovens, advindos diretamente do ensino médio e estudantes em tempo integral.

No modelo educacional tradicional os cursos são seqüenciais e o ensino ocorre com freqüência em salas de aula, na forma de aulas expositivas, complementadas com atividades em laboratórios. Para Hagstrom (1998), outras metodologias de ensino – por exemplo aquelas que se utilizam de meios tecnológicos tais como a televisão, os computadores, Internet etc. – deverão crescer e contribuir para uma maior customização dos cursos e diversificação dos currículos, respeitando a heterogeneidade dos alunos, que progridem em ritmos diferentes. Outra metodologia de ensino que deverá ganhar terreno é aquela que encoraja os alunos a participarem de projetos, tais como a PBL, que os estimulem a aprender a aprender, uma habilidade que lhes será útil por toda a vida.

O modelo de avaliação do desempenho dos alunos nas universidades também deveria ser repensado. A forma tradicional parece-se muito com a excessiva avaliação de produtos que as indústrias praticavam no antigo paradigma. Bailey & Bennett (1996) afirmam que as universidades testam demais e por razões erradas. Citam como exemplo o que ocorre em uma instituição com 1.100 alunos com disciplinas semestrais e cursos de quatro anos: um aluno pode vir a ter de três a quatro testes para cada uma das cinco disciplinas por semestre, o que resulta em mais de 30.000 testes por ano para formar cerca de 200 alunos anualmente. A prática de testar os alunos na entrada (vestibulares) também deveria ser abolida: as universidades deveriam trabalhar conjuntamente com as escolas de ensino médio de modo a garantir que os alunos tivessem os conhecimentos mínimos desejados por elas.

Mesmo a forma como as próprias universidades são avaliadas reflete o conceito da qualidade taylorista-fordista. Neste paradigma a qualidade nas universidades é obtida por meio da conformidade a padrões estabelecidos por órgãos de referência nacionais ou regionais. Estes órgãos, segundo Ensby & Mahmoodi (1997), examinam o conhecimento e titulação dos docentes e os conteúdos curriculares, mas somente para determinar se o corpo docente e currículos estão em conformidade com os padrões existentes. Estes autores sustentam que apesar deste procedimento garantir a consistência entre as várias instituições que oferecem cursos semelhantes, ele não garante a consistência entre os diferentes processos de ensino existentes nestas escolas, porque pouca ênfase é dada à avaliação dos mesmos. Tampouco garante que as instituições de ensino superior estejam satisfazendo as necessidades de sua clientela.

O modelo da qualidade representado pela universidade "centro de pesquisa", visado por muitas universidades, também deve ser reavaliado. Segundo Hagstrom (1998), há um consenso sobre a importância da pesquisa para as universidades, já que seu objetivo é (a) criar novo conhecimento, (b) fornecer um modelo holístico e (c) utilizar o conhecimento de maneira a integrar componentes dispersos para a solução de problemas reais da sociedade. Este autor

acredita que as universidades sejam boas no primeiro ponto e fracas nos dois últimos e que, portanto, a produção acadêmica deveria enfatizar a qualidade – e buscar a aplicabilidade da pesquisa – ao invés da quantidade, um indicador de produtividade bastante utilizado no modelo da produção em massa.

Este indicador que equipara quantidade a qualidade também serve de base para a avaliação da qualidade nas universidades: a partir do número de alunos por sala e quantidade de tempo de contato entre docentes e alunos, dentro e fora das salas de aula. Infere-se deste raciocínio que quanto maior o tempo de contato, melhor é o processo educacional, tendo como resultado o pressuposto de que a qualidade e a produtividade do ensino possam ser melhoradas aumentando-se o número de alunos ou a quantidade de aulas dadas por docente (Twigg, 1992). Esta autora sustenta que não existe comprovação de que isso realmente ocorra, apesar de ser uma posição largamente assumida pelos críticos da educação superior.

Balzan (1994) também acredita que dados quantitativos como produção acadêmica dos professores, capacitação do corpo docente, relação entre número de alunos por professor etc. são importantes, mas não são suficientes para aferir a qualidade de cursos, instituições e sistemas educacionais. É necessário conhecer as expectativas dos alunos que ingressam nas universidades, assim como a percepção de egressos sobre o curso e sobre a relação entre a instituição e o mercado de trabalho, sobre suas dificuldades iniciais etc.

Estes são apenas alguns dos aspectos que denotam a necessidade de uma mudança de paradigma nas universidades. A Tabela 1 coloca, resumidamente, algumas diferenças entre os paradigmas tradicional e alternativo segundo a literatura utilizada neste artigo.

#### Desafios da Educação Superior

Independentemente dos indicadores usados para medir a qualidade do ensino superior e da aceitação ou não dos preceitos do paradigma alternativo, os dados disponíveis sobre o desempenho das universidades de per si denotam a necessidade de mudanças. Alguns dados obtidos por Vieira (1995) ilustram o desperdício de recursos investidos em algumas instituições. Eles mostram que em uma dada universidade pública a evasão de alunos chega a 50% e a titulação na pós-graduação não ultrapassa 10%. Embora dados quantitativos extremos como esses não possam ser generalizados e a eficiência de grande parte das universidades não seja questionada, sua eficácia deveria ser colocada em questão. O ensino superior deveria para uma constante avaliação qualitativa de seus objetivos e diretrizes.

Se no passado as universidades podiam conceber seus objetivos e metas sem considerar sua participação social, hoje, com o desenvolvimento das nações dependente da geração e aplicação de conhecimento, as pressões, que advinham somente dos órgãos de referência, advêm de toda a sociedade. Estas pressões, segundo Pinto & Silva Junior (1996), são devidas principalmente ao crescimento da consciência dos

Tabela 1. Algumas diferenças entre os paradigmas tradicional e alternativo do ensino superior

ABORDAGEM TRADICIONAL	ABORDAGEM ALTERNATIVA
Universidade centrada em si própria, centro de	Universidade trabalhando em parceria com a sociedade,
conhecimento isolado da sociedade.	com o foco no mercado e na sociedade como um todo.
Cursos de 4-5 anos.	Educação continuada.
Alunos de 18-25 anos de idade.	Alunos de idades variadas.
Ensino em salas de aula da instituição.	Ensino em qualquer lugar, ensino à distância.
Currículos lineares, perfil de disciplinas predefinido.	Currículos espirais, disciplinas sob demanda. Ensino
Conhecimento administrado sequencialmente.	interdisciplinar.
Aprendizagem baseada na memorização (aprendizagem	Aprendizagem baseada na solução de problemas -
mecânica).	aprendendo a aprender (aprendizagem significativa).
Alunos vistos como matéria a ser transformada.	Alunos vistos como clientes e atores no processo de ensino-
	aprendizagem.
Produtividade baseada em indicadores de quantidade.	Produtividade baseada em indicadores de qualidade.
Tecnologia como um gasto. Uso pequeno de meios	Uso de tecnologia como suporte dos processos de ensino-
tecnológicos.	aprendizagem.

cidadãos, ao movimento generalizado pela melhoria da qualidade da educação, ao crescimento dos custos operacionais das universidades e à eficácia intrínseca da avaliação no aprimoramento das instituições.

A avaliação e a divulgação do grau de qualidade dos programas de ensino, dos resultados das suas atividades de pesquisa e dos variados serviços que prestam à comunidade, são hoje uma questão de responsabilidade social por parte das universidades. No entanto, é importante salientar que muito da responsabilidade que se atribui às instituições educacionais não lhes compete resolver. Problemas sociais, tais como má distribuição de renda, ausência de cidadania, tecnologia gerando desemprego etc. podem contribuir para a evasão, baixo rendimento, desmotivação, indisciplina, vandalismo e condições precárias de trabalho. Entretanto, estes problemas podem também ter causas nos processos das universidades e a elas cabe o desafio de resolvê-los dentro de suas possibilidades de atuação.

# A EDUCAÇÃO SUPERIOR E A QUALIDADE

De modo a equacionar todos os desafios e expectativas do atual contexto educacional muitas universidades do mundo inteiro têm buscado inspiração no modelo da Gestão da Qualidade do setor secundário. É desnecessário dizer que qualquer tentativa de adaptação de um modelo de administração empresarial para uma instituição educacional deve ser feito em estreita observância à sua especificidade. É fácil imaginar que, ao contrário do que ocorre em organizações do setor produtivo de bens, o trabalho que se desenvolve numa instituição educacional, qualquer que seja sua complexidade, envolva um processo cujos resultados são apenas parcialmente mensuráveis.

Além dos desafios já enunciados, as universidades brasileiras ainda se defrontam com um problema ausente no ensino de países desenvolvidos: a compatibilização da qualidade com a quantidade, já que no Brasil o problema da educação para todos, em qualquer nível, ainda não foi

totalmente solucionado (Vieira, 1995). Apesar disso, este autor acredita que contrapor a qualidade à quantidade no ensino é um erro, já que as duas coisas precisam caminhar juntas. Ele afirma que é preciso mais e melhor educação, que é fundamental manter a expansão educacional e ao mesmo tempo melhorar os processos de ensino se quisermos diminuir o abismo entre nós e os países desenvolvidos. Assim, a busca da qualidade – que abrange tanto os aspectos administrativos/organizacionais como os didáticos/pedagógicos – empreendida pelas instituições brasileiras de ensino superior é bastante oportuna pois responde aos anseios de desenvolvimento econômico e social da nação, além de inscrever-se no movimento mais geral por maior transparência no uso dos recursos públicos e pela democratização dos serviços educacionais.

#### A Busca da Qualidade na Educação

Supõe-se que todas as pessoas envolvidas no ensino superior desejem que os serviços proporcionados à sociedade sejam de qualidade, apesar de não haver muita concordância sobre o que é qualidade de ensino e as formas de buscá-la e avaliá-la. Franco (1995) sustenta que o conceito da qualidade de ensino é historicamente determinado, não podendo ser definido em termos absolutos; e tampouco é um termo neutro, já que reflete posicionamentos políticos e ideológicos. Para esta autora, mais relevante do que a definição da qualidade de ensino é a resposta à pergunta "qualidade para quem?".

Hadgraft & Holecek (1995) acreditam que o modelo da Gestão da Qualidade enfatiza esse questionamento ao reconhecer que todos os participantes da organização, os clientes e fornecedores, externos e internos, da universidade podem e devem contribuir para a melhoria contínua da qualidade de seus processos e produtos (ensino, pesquisa, extensão etc.). Sobretudo, o enfoque no cliente demonstra a importância da Gestão da Qualidade, já que remete a definição do conceito da qualidade e às pessoas e organizações envolvidas no processo educacional.

#### As Dimensões da Qualidade no Ensino

A qualidade de um produto ou serviço tem três dimensões: o projeto, o processo e o produto. Apesar de geralmente ter recebido pouca atenção quando se quer melhorar a qualidade do produto, na Gestão da Qualidade o processo é a dimensão mais crítica da qualidade, sendo este um dos pontos positivos deste paradigma. O enfoque nos processos dos programas da qualidade descarta a necessidade da busca de bodes expiatórios quando da ocorrência de problemas – não é importante encontrar culpados entre os membros da organização, mas as falhas nos processos. Ao contrário, os atores dos processos participam da identificação e solução dos problemas nos processos em questão.

Os problemas fundamentais dos processos na universidade são raramente enfrentados, segundo Collins (1990), não por má vontade, mas porque não se consegue enxergar o sistema como um todo. Assim, para reduzir e eliminar as variações de causa comum no ensino – isto é, as variações resultantes das muitas mudanças imperceptíveis que ocorrem na operação diária de um processo e que causam resultados naturais e incontroláveis, em contraste com as de causa especial – faz-se necessária uma abordagem sistêmica ao desenvolvimento e manutenção dos processos da universidade. Todos os processos da instituição, educacionais e administrativos, devem ser monitorados de modo a eliminar as variações de causa comum, já que ambos afetam a qualidade de ensino.

Os processos didáticos têm um papel proeminente na obtenção da qualidade de ensino. Muitos são os problemas encontrados nos processos educacionais e suas causas podem parecer obscuras e insignificantes a observadores externos ou internos. Estas causas podem ser tão insignificantes a ponto de continuarem a existir sem que ninguém faça nada a respeito (Kennedy, 1997),. Esta autora, apesar de reconhecer que grande parte destes problemas não tem relação com a capacidade de um determinado aluno ou a adequação dos processos da instituição, sustenta que muitos problemas educacionais têm sua raiz na sala de aula.

Assim, uma das maneiras de os professores contribuírem seria adotando uma abordagem estruturada do ensino. Ensby & Mahmoodi (1997) afirmam que os professores somente podem garantir que seu sistema de ensino não é a causa do fracasso ou a razão do sucesso de seus alunos se tiverem controle sobre seus processos de ensino. Por isso, sugerem uma abordagem estruturada para investigar porque alguns alunos não atingem os objetivos do curso e a adoção de medidas corretivas e melhorias.

Uma das causas de problemas nos processos educacionais, segundo McVey (1993), é o fato dos métodos de ensino tradicionais simplesmente jogarem o conteúdo na forma de aulas expositivas, leitura de textos ou atividades em laboratórios, deixando ao aluno a tarefa de lembrar-se de tudo. No entanto, os alunos não devem apenas se lembrar do que aprenderam, mas também entender e saber aplicar o novo conhecimento. Além disso, segundo este autor, muitos professores não trabalham com os alunos individualmente, talvez priorizando suas próprias pesquisas e carreiras. Com o

que concorda Kourganoff (1990), que sustenta que devido a sistemática de avaliação do trabalho docente nas universidades a maior parte dos professores do ensino superior dedica a essência de suas atividades às pesquisas pessoais, relegando os alunos a um segundo plano das preocupações universitárias. Isto é ainda agravado pela inexistência de programas de formação de professores universitários, incluindo os de engenharia, onde a maioria dos professores das disciplinas, básicas e específicas advém de bacharelados e de programas de pós-graduação, em engenharia e áreas afins, onde há pouco ou nenhum conteúdo ou prática pedagógica.

Este contexto de valorização da pesquisa em detrimento do ensino e ausência de formação pedagógica pode gerar situações extremas, segundo McVey (1993) em que alguns professores chegam a vangloriar-se dos altos índices de notas baixas ou de repetência em suas disciplinas. Entretanto, podese questionar, usando a analogia com a manufatura, quantas fábricas sobreviveriam com tais taxas de produtos rejeitados ou retrabalhados.

Para Bailey & Bennett (1996), o fracasso de um aluno aceito pela universidade deveria ser considerado como uma falha da qualidade dos processos de ensino da instituição, que não trabalhou eficazmente os problemas apresentados pelo estudante. No paradigma tradicional os professores alegavam que o ensino não tinha qualidade devido à baixa qualidade e à falta de interesse dos alunos. Hoje espera-se que os professores, chefes de departamento e outros funcionários concebam suas disciplinas e cursos de modo a estimular o interesse e a iniciativa, a promover desafios e a considerar os talentos individuais dos alunos. Além disso, um sistema educacional, como na manufatura, é projetado para fazer com que cada atividade agregue valor ao produto de modo a passálo à próxima etapa do processo. Portanto, é importante que os professores concebam e ministrem suas disciplinas e conteúdos considerando sua inter-relação com outras disciplinas do currículo, segundo um enfoque de sistemas.

O fracasso escolar também pode ser atribuído aos processos de seleção. Analogamente à manufatura, é impossível obter-se produtos com a qualidade desejada se as matérias-primas e ferramentas, ou seja, os interesses e habilidades do estudante, forem inadequados, mesmo estando os processos livres de problemas inerentes. Para se ter produtos com qualidade é preciso que os atores tenham qualidade; para se formar profissionais capacitados é necessário, além de processos de qualidade, alunos de qualidade. Ocorre que geralmente os processos de admissão das universidades priorizam o conhecimento e negligenciam as habilidades e interesses dos estudantes. Uma seleção baseada em todas as características dos alunos poderia ser importante não apenas para a universidade como também aos próprios estudantes, que geralmente são levados a escolher entre diversas carreiras quando ainda são imaturos para esta tomada de decisão. Este aspecto é particularmente relevante para as universidades brasileiras, que praticam vestibulares estanques e oferecem poucas oportunidades de mudança de curso após a admissão dos alunos.

De qualquer maneira, o sistema educacional deveria ter um tratamento integrado dos conteúdos de suas disciplinas. Toda disciplina deveria ter objetivos específicos em termos quantitativos e qualitativos. Estes objetivos deveriam ser constantemente monitorados e a qualidade da aprendizagem, avaliada por todas as pessoas envolvidas no processo educacional. Os resultados deveriam gerar medidas corretivas para melhorar continuamente o conteúdo das disciplinas, as metodologias de ensino e, consequentemente, a formação dos profissionais. Por isso, sugere Engelkemeyer (1993), os professores e os administradores teriam que mudar seu papel, daqueles "que têm as respostas" para aqueles "que fazem as perguntas". Deveriam abandonar a dicotomia entre os que pensam e os que executam, entre os que falam e os que ouvem, entre os mandantes e os comandados, característica do modelo taylorista-fordista. Deveriam superar a idéia de que eles sabem todas as respostas e sabem o que é melhor para os alunos e de que estes devem ser dirigidos ao invés de participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

#### Gestão da Qualidade no Ensino Superior

A Gestão da Qualidade implica que todos os processos e produtos (bens ou serviços) de uma organização devem ser constantemente avaliados e melhorados por seus próprios atores, até serem executados com a qualidade pautada nas necessidades e demandas de seus clientes. Neste modelo a avaliação e melhoria contínua dos processos têm como conseqüência o aprimoramento das outras duas dimensões, isto é, o produto e o projeto.

Para Sparkes (1994), no campo da educação, isso significa definir objetivos de aprendizagem relevantes e capacitar os alunos a atingi-los. A definição de objetivos de aprendizagem relevantes envolve satisfazer os padrões acadêmicos, as expectativas da sociedade, as aspirações dos alunos, as demandas da indústria, os requisitos das instituições profissionais, os princípios fundamentais da disciplina, as limitações práticas etc. Estes fatores podem não ser coincidentes, podendo haver muitas interpretações válidas para o termo "relevante", assim, caberia à cada instituição buscar um consenso sobre a prioridade dos mesmos. Para este autor, a definição de objetivos de aprendizagem também envolve capacitar os alunos a atingir estes objetivos, fazer uso de pesquisas sobre como os alunos aprendem e buscar o desenvolvimento profissional dos docentes.

De modo a responder às demandas acima, Hagstrom (1998) acredita ser fundamental que a instituição de ensino superior desenvolva um sistema de auto-gestão com liderança baseada no corpo docente, onde todos os membros da organização são parceiros, com autoridade e responsabilidade. Segundo este autor, cada instituição deveria conceber seu próprio programa da qualidade, seguindo alguns princípios:

- A própria instituição define o significado de qualidade;
- A administração deve promover e avaliar os esforços da qualidade;
- O programa da qualidade envolve todos os processos e atividades da universidade;
  - Auto-avaliações e avaliações cíclicas por órgãos similares;

- Divulgação dos resultados das avaliações;
- Acompanhamentos (follow-ups) externos e internos.

# A GESTÃO DA QUALIDADE NO ENSINO DE ENGENHARIA

Os princípios da Gestão da Qualidade aplicam-se ao ensino de engenharia como o fazem para a educação como um todo. O que difere no ensino de engenharia é a premência de seu aprimoramento devido ao fato de ser um dos campos do conhecimento mais afetados pelo passo acelerado da revolução tecnológica — ao qual muitos autores atribuem o advento do modelo da Gestão da Qualidade.

O ensino de engenharia, de acordo com Belhot (1996), pode ser entendido como um processo de produção, onde deseja-se maximizar os resultados a partir dos recursos existentes e atender as demandas e necessidades do mercado consumidor e da sociedade. O conhecimento profissional, ou o conhecimento adicionado, é o produto final de um curso de engenharia, que utiliza a estrutura curricular como processo de transformação, sendo assim possível fazer uma analogia entre os processos de produção e educacional, sem se pretender reduzir o processo de ensino de engenharia a um processo de produção, mas contribuir para seu entendimento.

Devido às constantes mudanças que ocorrem na sociedade, esse processo de transformação, ou seja, o ensino de engenharia, precisa ser rápida e continuamente atualizado e aprimorado de modo a satisfazer as necessidades de conhecimento da sociedade. Isto pode ser alcançado através de uma sistemática de avaliação e melhoria contínua da qualidade – um dos pilares da Gestão da Qualidade – do ensino de engenharia. No plano institucional e departamental, Holecek & Hadgraft (1997) prescrevem uma sistemática que contempla os seguintes aspectos:

- *Projeto do produto*: currículo, conteúdo do curso de bacharelado em engenharia sendo importante verificar constantemente se estão de acordo com as necessidades de conhecimento da sociedade:
- Conformidade da matéria prima: analogamente à manufatura, é necessário certificar-se de que os alunos certos, i.e., interessados e motivados, fazem engenharia. Apesar de polêmico, este aspecto merece ser ponderado, especialmente no Brasil onde as carreiras são decididas à época do vestibular e profissões tradicionais e de prestígio social, como a engenharia, ainda são priorizadas (Schwartzman, 1999);
- *Processos de produção*: processos de ensino, administração, aprendizagem, pesquisa, etc.;
- Apoio empresarial e da sociedade: aceitação dos produtos da escola/departamento de engenharia, i.e. o conhecimento e capacidade profissional dos formandos, pesquisa e extensão etc.;
- Conscientização e capacitação para funcionários, docentes e alunos.

No plano da sala de aula, os docentes devem primeiramente certificar-se de que seus objetivos estão

alinhados com os do departamento e da instituição – supondo que estes últimos refletem os objetivos maiores da sociedade. Ensby & Mahmoodi (1997) sugerem que os professores, ao conceberem suas disciplinas, respondam as seguintes perguntas:

- Qual é o objetivo do curso?
- Quais são os objetivos específicos (quanto e quando) que os alunos devem alcançar para completar o curso satisfatoriamente?
- A disciplina é pré-requisito para outras nas quais terá que aplicar o conhecimento aprendido nela?
- A disciplina promove o aprendizado de habilidades úteis no mundo real?

Ademais, os professores deveriam ser capazes de conjuntamente identificar seus clientes e conceber suas aulas de modo a satisfazer as necessidades dos mesmos. É importante reiterar que os clientes de um curso de engenharia são múltiplos – alunos, empregadores, indústria, fundações, órgãos fornecedores de bolsas de estudo, contribuintes (Haas, 1993) – sendo que todos eles se subordinam a um cliente maior: a sociedade, já que dela derivam os recursos que financiam o ensino nas instituições públicas e, em menor grau, nas particulares. Assim as escolas de engenharia, e universidades como um todo, deveriam sobretudo direcionar seus processos para a formação de cidadãos conscientes e críticos.

Em âmbito interno, Ensby & Mahmoodi (1997) acreditam que as disciplinas dos primeiros anos deveriam enfocar mais os clientes-professores de cursos mais avançados, e estes deveriam enfocar as habilidades desejadas pelos empregadores e sociedade. Os testes e avaliações deveriam refletir estes objetivos e não as expectativas que os professores consideram importantes.

#### Os Clientes do Ensino de Engenharia

A Gestão da Qualidade oferece uma forma eficaz, por meio da pesquisa das necessidades dos clientes, de se averiguar se os processos de um departamento/escola de engenharia estão fornecendo produtos, tais como a pesquisa, o conhecimento e as habilidades dos profissionais etc., que respondam às demandas da sociedade. Esse modelo pode ter suas bases na educação vista como uma atividade de serviços e presume a mudança do enfoque estrutural e metodológico, hoje centrado isoladamente no ensino, para o processo de ensino-aprendizagem considerando principalmente a caracterização dos clientes (Colenci, 2000). Em tempo: optouse neste trabalho pelo termo "cliente" ao invés de "beneficiário" - sugerido por alguns autores como mais apropriado ao contexto educacional - por ser um termo bastante usado no modelo em questão, facilitando assim seu entendimento, e também porque "beneficiário" sugere uma postura mais passiva que "cliente" (Chizmar, 1999).

É preciso ainda advertir que a identificação dos clientes de uma universidade não é uma tarefa simples, devido ao seu número e a sua complexidade. Internamente, esta dificuldade é agravada pelo fato de seus membros estarem constantemente trocando de posição na relação fornecedor-produtor-cliente. No caso do aluno, ele raramente é um receptor passivo de conhecimento, mas simultaneamente cliente e ator do processo de ensino.

Devido a esta dificuldade, as instituições deveriam identificar o maior número possível dos clientes dos cursos de engenharia e determinar junto a eles – através de pesquisas junto a executivos, recrutadores, corpo docente, alunos e exalunos etc. – quais os características desejáveis dos formandos nos vários campos da engenharia, e questionar se seu currículo e seus processos de ensino alcançam estes objetivos. Embora seja mais difícil avaliar as necessidades da sociedade como um todo, é possível avaliar se estão sendo satisfeitas levantando-se as contribuições dos egressos, dos programas de extensão etc. ao desenvolvimento da comunidade e do país, na criação de novos empreendimentos e atuações para a solução de problemas sociais.

Existem muitas pesquisas, especialmente entre empregadores e executivos, sobre as características desejáveis dos engenheiros (Ensby & Mahmoodi, 1997; Bailey & Bennett, 1996; Silva, 1997; Morgan et al., 1998). A título de ilustração, segue uma lista compilada por Ning (1995) e Vasilca (1994), que dividem estas características em três categorias para melhor entendimento: (1) conhecimentos: domínio dos princípios fundamentais da engenharia (ciência e tecnologia) e conhecimento das relações entre os diversos ramos da engenharia, além de conhecimentos em áreas tais como computação, administração de empresas, satisfação do cliente, impacto da tecnologia no meio ambiente e nas pessoas etc.: (2) habilidades: desenvolvimento de projetos em laboratório ou em campo, análise de problemas, síntese de soluções referenciadas a práticas em uso, comunicação, trabalho em equipe, gestão de recursos etc.; e (3) atitudes: ética, integridade e responsabilidade para com a sociedade e para com a profissão, preocupação com o meio ambiente, iniciativa, capacidade empreendedora, capacidade de adaptação a mudanças constantes, disposição de procurar especialistas quando necessário, motivação e interesse para o aprendizado contínuo durante suas carreiras etc.

A presença dessas características – muitas delas contempladas nas Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (MEC, 2002) – e o grau de importância atribuído a elas variam de acordo com a situação profissional existente. Pode-se esperar que outras características sejam citadas e que a ordem de importância difira para diferentes contextos produtivos, sociais e históricos. É provável também que as características e sua importância relativa sejam bastante diferentes das apontadas por docentes e alunos, que consideram o desempenho acadêmico como a característica mais importante (Silva, 1997).

A questão que se coloca às universidades e departamentos de engenharia é como conseguir o desenvolvimento de todos estas características nos alunos e como fazê-lo sem sobrecarregar o currículo. É possível trabalhar estas três categorias, isto é, conhecimentos, habilidades e atitudes, como mostra Zabala

(1998), na sala de aula. Algumas dessas características não são facilmente ensináveis, especialmente atitudes tais como ética, responsabilidade social etc., porém pode-se criar situações de ensino que estimulem o desenvolvimento das mesmas.

Os conhecimentos poderiam ser desenvolvidos pelos conteúdos curriculares e as habilidades e atitudes por metodologias de ensino, tais como a PBL, a qual Hadgraft & Holecek (1995) consideram bastante consistentes com a Gestão da Qualidade. De qualquer maneira, ao conceber sua disciplina os docentes deveriam se perguntar, além de qual é o objetivo do curso e seus critérios de aproveitamento, de que forma ela deveria ser ensinada para que os alunos, por exemplo, possam aprender a trabalhar em equipe e desenvolver princípios éticos.

A aplicação da Gestão da Qualidade no ensino de engenharia pode facilitar o desenvolvimento destas características, já que seus princípios encorajam o trabalho em equipe, a orientação para o cliente, a visão sistêmica etc., além das habilidades comunicativas e interativas. Estes princípios podem ser incorporados ao currículo das engenharias como disciplinas separadas ou, principalmente, como parte de outras, através de seus conteúdos ou metodologias.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A preocupação com a qualidade na educação ou em outras atividades humanas não é derivada dos modelos de gestão empresarial. Ao contrário, são os modelos de gestão que surgem a partir desta preocupação. A qualidade é um conceito maior que qualquer programa de gestão.

Assim, não se pretende neste artigo equiparar os atores e processos das instituições do ensino superior aos fabris; mas propor uma analogia, respeitando suas diferentes especificidades. A partir desta perspectiva, muitas são as características da Gestão da Qualidade que podem contribuir para a discussão sobre a melhoria do ensino de engenharia, já que se trata de um modelo multidimensional, podendo abranger todos os aspectos da universidade, do ensino à administração; é integrativo, encorajando o trabalho em conjunto dos docentes, departamentos e administração, e o enfoque no cliente facilita a direção e o alinhamento dos objetivos institucionais e individuais. Sua implementação e desenvolvimento também pode conferir à instituição autoconhecimento e flexibilidade, duas características organizacionais altamente desejáveis nos dias atuais.

Além disso, a reflexão sobre a propriedade da utilização dos princípios da Gestão da Qualidade no ensino de engenharia – tendo em mente que nenhuma perspectiva teórica isoladamente consegue abarcar a complexidade dos processos de uma instituição educacional – é pertinente devido ao fato de este modelo já ser objeto de estudo deste ramo do conhecimento, o que, a princípio, poderia promover seu entendimento e aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, D.; BENNETT, J.V. The realistic model of higher education. Quality Progress, p.77-9, Nov. 1996.
- BALZAN, N.C. Sete princípios inaceitáveis sobre a educação em países em desenvolvimento. Em Aberto, a.14, n.64, p.14-34, out./dez, 1994.
- BELHOT, R.V. (1996). Repensando o ensino de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 24, Manaus, 1996. Anais. Manaus, UA/ ABENGE, v.2, p.27-36, 1996.
- BELHOT, R.V. Reflexões e propostas sobre "ensinar engenharia" para o século XXI. São Carlos. 113p. Tese (Livre Docência) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.
- CHIZMAR, J. Total quality management of teaching and learning. http://138.87.168.39/Jack\_Chizmar/ECO138/TQM.htm (10/12/1999).
- COLENCI, A.T. Ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.
- COLLINS, A. Quality control as a model for educacion: it would improve our output. Engineering Education, p.470-1, May-June, 1990.
- DE MASI, D. O futuro do trabalho: fadiga e ócio na sociedade pós-industrial. Rio de Janeiro, José Olimpio; DF, Editora da UnB, 1999.
- ENGELKEMEYER. S.W. Office of quality. The Center for Quality Management Journal, v.2, n.1, p.28-33, 1993.
- ENSBY, M.; MAHMOODI, F. Using the Baldrige Award criteria in college classrooms. Quality Progress, p.85-90, Apr. 1997.
- FRANCO, M.L.P.B. Qualidade total na formação profissional: do texto ao contexto. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v.76, n.182/183, p.117-38, 1995.
- HAAS, T. Planning strategically for quality. TQM in Higher Education, p.1-3, Dec. 1993.
- HADGRAFT, R.; HOLECEK, D. Viewpoint: towards total quality using problem-based learning. International Journal of Engineering Education, v.11, n.1, p.8-13, 1995.
- HAGSTROM, S. Quality in higher education. http://www.odont.lu.se/projects/ADEE/hagstr.html (22/01/1998).
- HOLECEK, D.; HADGRAFT, R. Can TQM work in a civil engineering department? http://www.civil.eng.monash.edu.au/affil/pbl-list/tqm.htm (12/11/1997).
- KENNEDY, R. TQM moves from the boardroom to the classroom. 1996. http://wupa.wustl.edu/nai/feature/1996/Apr96-TQS.html (11,11/1997).
- KOURGANOFF, W. A face oculta da universidade. São Paulo, Editora da UNESP, 1990.
- MASETTO, M. A aula na universidade. In: VIII ENDIPE, Anais, Florianópolis, v.2, p.323-330, 1996.
- MEC. Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia. Brasília, 2002. www.mec.gov.br.
- MCVEY, R.S. Total quality teaching as analogous to total quality management. http://fairway.ecn.purdue.edu/v1/asee/sect95/1A/1A4.html (4/12/1997).

- MORGAN, R.P.; PROCTOR, P.R.; WULF, W.A. The changing nature of engineering. ASEE Prism, May-June, 1998.
- NING, C.C. Undergraduate academic programme: planning, development, implementation and evaluation. International Journal of Engineering Education, v.11, n.3, p.175-184, 1995.
- PINTO, C.J.A.; SILVA JUNIOR, P.D. Avaliação da qualidade de ensino nos cursos de engenharias da universidade de Mogi das Cruzes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 24, Manaus, 1996. Anais. Manaus, UA/ABENGE, v.1, p.65-73, 1996.
- SCHWARTZMAN, S. O ensino superior no Brasil 1988. Brasília, INEP, 1999.
- SILVA, P.A.L. O mercado global do século XXI e o profissional de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 25, Salvador, 1997. Anais. Salvador, UFBA/UCSal/UEFS/ABENGE, v.2, p.983-94, 1997.

- SIRVANCI, M. Are students the true customers of higher education? Quality Progress, p.99-102, Oct. 1996.
- SPARKES, J. Achieving quality in engineering degrees in the UK. European Journal of Engineering Education, v.19, n.3, p.291-301, 1994.
- TWIGG, C.A. Improving productivity in higher education the need for a paradigm shift. Cause/Effect, v.15, n.2, Summer, 1992. http://www. Cause.org/information-resources/ir-library/text/cem9227.txt (18/02/1998).
- VASILCA, G. Engineers for a new age: how should we train them? International Journal of Engineering Education, v.10, n.5, p.394-400, 1994.
- VIEIRA, S.L. (1995). Concepções de qualidade e educação superior. Pro-Posições, v.6, n.1, 105-14, 1996.
- ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre, Artmed, 1998.

# DADOS BIBLIOGRÁFICOS DOS AUTORES



#### Luis Roberto C. Ribeiro

Engenheiro de Materiais pela UFSCar (1983), Mestre em Engenharia de Produção pela EESC-USP (2000). Está atualmente no programa de Doutorado em Educação do Departamento de Metodologia de Ensino, UFSCar. Áreas de interesse: ensino de

engenharia, ensino superior, gestão da qualidade, Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL).



#### Renato Vairo Belhot

Professor Livre Docente do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos - USP. É atualmente diretor do Centro de Tecnologia Educacional para Engenharia - CETEPE, da EESC-USP. Suas áreas de interesse estão voltadas para o

ensino de engenharia, processos de ensino-aprendizagem, estilos de aprendizagem e simulação.

# PERFIL DE EGRESSOS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFMG

Mauro Mendes Braga<sup>1</sup>, Maria do Carmo Lacerda Peixoto<sup>2</sup>, Ana Maria Gontijo Figueiredo<sup>3</sup>, Roberto Márcio Silva<sup>4</sup> & Tânia Bogutchi<sup>5</sup>

#### RESUMO

Este trabalho é parte de um projeto que objetiva estabelecer uma avaliação continuada dos cursos de Engenharia da UFMG. O estudo aqui apresentado foi feito a partir de entrevistas, com uma amostra das turmas tituladas em 1980, 1990, 1996 e 1998. Os resultados mostram que os engenheiros civis formados pela UFMG são predominantemente do sexo masculino e egressos da escola média privada. A procura pela formação continuada em cursos de pós-graduação é pouco freqüente. Quase a totalidade dos entrevistados atua profissionalmente na área de engenharia, a grande maioria deles como empregados, e declara-se satisfeito com essa atividade. Os rendimentos declarados permitem projetar, para o recém formado, rendimentos equivalentes ao mínimo profissional, que crescem à razão de R\$140,00 por ano de trabalho. A avaliação da formação recebida na UFMG destaca positivamente aspectos relativos ao corpo docente e, negativamente os referentes à interação escola/ mercado de trabalho. Dentre as habilidades apontadas como importantes para o exercício profissional, os entrevistados julgam que a escola contribuiu adequadamente para o desenvolvimento da ética profissional, da capacidade de trabalhar em equipe e da disciplina, mas deixa muito a desejar quanto ao desenvolvimento da iniciativa, criatividade, adaptação a mudanças e liderança.

Palavras-chave: graduação, perfil do engenheiro, engenharia civil, avaliação

#### ABSTRACT

The present work is part of a larger project that involves the implementation of a continuing assessment of engineering programs of UFMG. A sample of alumni graduated in 1980, 1990, 1996 and 1998 were interviewed; results show that civil engineers graduated at UFMG are predominantly male and come from private high schools. The pursuit for masters' degrees is not frequent. Almost all of the interviewees work in the engineering area, the great majority as employees, and consider themselves satisfied with their professional activities. Annual income increments of R\$140,00 were observed. The faculty was positively evaluated while the interaction between the university and the labor market was considered a negative aspect of their education. Among the abilities pointed out as important for professional practice, interviewees reported that the university contributed appropriately to development of professional ethics, team work skills and discipline. In contrast, the university fell short in the promotion of initiative, creativity, leadership and adaptability to changes.

Key-words: undergraduate education, engineer's profile, civil engineering, evaluation

# INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de um estudo em andamento, visando a constituir as bases para a avaliação continuada dos cursos

de Engenharia da UFMG. Pretende-se avaliar a inserção profissional dos engenheiros formados, cotejando-a com a situação sócio-econômica de suas famílias, anteriormente ao seu ingresso na universidade, e com o seu desempenho no

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Professor, PHD. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Departamento de Química. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3499-4124. E-mail: braga@ufmg.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professora, PHD. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Departamento de Administração Escolar. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3499-5323. E-mail: mcarmo@fae.ufmg.br

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Professora, MSc. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Departamento de Engenharia de Estruturas. Av. Contorno 842, 2º andar, CEP 30110-060, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3238-1974. E-mail: anamaria@dees.ufmg.br

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Professor, PHD. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Departamento de Engenharia de Estruturas. Av. Contorno 842, 2° andar, CEP 30110-060, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3238-1986. E-mail: roberto@dees.ufmg.br

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Professora, MSc., Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/MG – Departamento de Matemática e Estatística. Av. Dom José Gaspar, 500, Campus Coração Eucarístico, CEP 30535-610, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3319-4181. E-mail: bogutchi@pucminas.br

vestibular e no curso. Pretende-se ainda verificar a avaliação que os egressos fazem a respeito da formação profissional obtida na universidade. Os resultados parciais apresentados referem-se apenas ao curso de Engenharia Civil e dizem respeito tão somente ao perfil de atuação profissional de seus graduados. Criado em 1913, este curso admite 200 alunos por ano.

#### METODOLOGIA

Foram escolhidas as turmas graduadas em 1980, 1990, 1996 e 1998. A ênfase dada ao período mais recente deve-se à intenção de obter subsídios para a introdução de modificações no projeto pedagógico do curso. O propósito de agregar outras turmas teve que levar em conta, também, as limitações de financiamento do projeto.

Trabalhou-se com um levantamento amostral (*survey*), estabelecendo-se critérios de confiabilidade de 95% e precisão de 5%, para o cálculo amostral por estratificação ponderada. O valor assim obtido foi corrigido em 10% por estrato, para considerar as eventuais perdas na coleta de dados. A Tabela 1 apresenta os números referentes ao universo, à amostra e ao número de entrevistados. A seleção dos graduados a serem entrevistados foi feita por meio de sorteio aleatório simples, a partir de uma listagem em ordem alfabética, por ano de diplomação. As entrevistas, realizadas por telefone, foram feitas a partir de um questionário padrão submetido a um préteste.

Tabela 1. Universo, amostra e entrevistas realizadas

	1980	1990	1996	1998	Total
Universo	235	100	172	162	669
Amostra	70	30	52	48	200
Entrevistas realizadas	67	30	52	- 48	197
% entrev./ amostra	96	100	100	100	99

#### OS ENGENHEIROS CIVIS

#### Caracterização da amostra

Os engenheiros civis dessas turmas são predominantemente do sexo masculino, característica que pouco se alterou ao longo das coortes, conforme mostra a Figura 1a. Mais de 2/3 dos entrevistados concluíram o ensino médio em escola privada e quase 90% residem hoje em Minas Gerais, situação similar àquela da demanda pelos vestibulares da universidade. A duração média do curso foi de 6,3 anos, cerca de 25% superior ao tempo previsto, que é de cinco anos. Esta média cresceu significativamente nos anos 90, conforme se vê na Figura 1b.¹

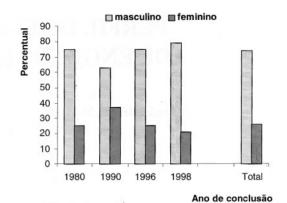


Figura 1a. Distribuição do curso por sexo

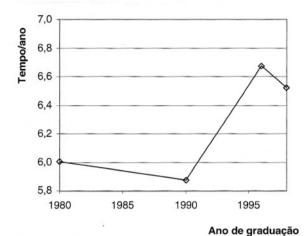


Figura 1b. Duração média do curso em anos

A idade média de graduação, 24,8 anos<sup>2</sup>, não apresenta variações significativas de turma para turma, sugerindo a redução da idade média de ingresso, dado que a duração do curso aumentou.

Verifica-se que os graduados que já concluíram, ou estão cursando o mestrado, terminaram a graduação com idade um pouco menor do que os demais, 24,2 anos.

A procura pela pós-graduação concentra-se principalmente na especialização. Cerca de 30% dos entrevistados concluíram ou estão cursando essa modalidade. Entre as mulheres, essa percentagem é maior do que entre os homens (41% versus 25%). A Figura 2 sugere que o interesse pela especialização está crescendo. O ingresso ocorre, em média, 4,2 anos após a graduação, geralmente em cursos da própria área da Engenharia, em subáreas bastante diversificadas. A procura pelos cursos de pós-graduação stricto sensu é bem menos habitual e freqüentemente tem como resultado o abandono do curso. Quase 17% dos entrevistados ingressaram em cursos de mestrado, sendo mais da metade deles da turma de 1998. Desses, menos de 1/3 concluiu os cursos, enquanto que quase 40% declararam têlos interrompido. O aumento de interesse pelo mestrado é

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Estudo realizado por ocasião da reforma curricular de 1998 (Chernicharo et alli, 1997) aponta que, entre 1990 e 1997, o currículo do curso tinha carga horária total entre 4035 e 4140 horas, com carga semanal média de 27,5 horas, o que explica, em parte, esse aumento da média de duração do curso na década de 90

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Um ano superior à registrada por Velloso e Sampaio (2002), em estudos sobre egressos de cursos de pós-graduação na área

corroborado quando se observa que, entre aqueles que o concluíram ou que ainda o estão cursando, 3/4 pertencem às coortes de 1996 ou de 1998.

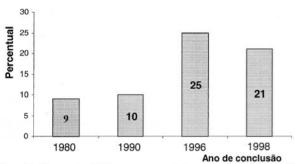


Figura 2. Percentual dos que concluíram a especialização 3 anos após a graduação

Praticamente todos os entrevistados declararam estar em atividade profissional, sendo que mais de 70% em atividade relacionada à engenharia. Os profissionais liberais são apenas 25% e os restantes são empregados, sendo que o setor privado é responsável por quase duas vezes mais postos de trabalho do que o setor público. Essa configuração, entretanto, sofre mudanças significativas ao longo das coortes estudadas, conforme ilustra a Figura 3a. Entre os que se graduaram em 1980, a percentagem dos empregados no setor público é duas vezes maior do que a do setor privado, representando perto de 50% do universo, enquanto os empresários correspondem a quase 1/4 dos entrevistados. Essa situação vai se alterando paulatinamente ao longo das coortes, e para a de 1998, os empregados do setor privado quase alcançam 2/3 do total dos entrevistados, enquanto que os do setor público representam pouco mais de 10% do universo. Os empresários, por sua vez, estão em percentual ainda menor do que os empregados no setor público. Os autônomos concentram-se na coorte de 1996, representando, nas demais, cerca de 10% do universo.

A Figura 3b apresenta a renda média mensal dos entrevistados, por tipo de trabalho e anos de experiência profissional. Conforme esperado, independentemente do tipo de trabalho a renda mensal tende a crescer com o tempo de experiência. Para o conjunto dos entrevistados, esta renda varia de forma praticamente linear com o número de anos de experiência profissional, sugerindo um salário de aproximadamente R\$1.670,00 para o recém-formado e um acréscimo de cerca de R\$ 140,00 por ano de trabalho. Essa figura revela ainda que a ordem de remuneração, conforme o tipo de trabalho, tende a ser a seguinte: empresário > empregado privado > empregado público > autônomo. As mulheres, confirmando a tendência geral, registram renda média mensal de R\$ 2.650,00, inferior à dos homens, que é de R\$ 3.360,00. A diferença é estatisticamente significativa no nível de 0,05 e não pode ser atribuída ao tempo de experiência profissional, uma vez que as mulheres têm, em média, maior tempo de formadas. Tampouco pode ser atribuída ao tipo de vínculo profissional, porque a distribuição observada entre os diversos tipos de vínculos - empregados públicos, privados, empresários e autônomos - é praticamente a mesma para ambos os sexos.

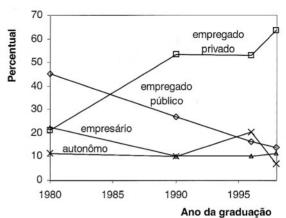


Figura 3a. Tipo de ocupação por ano de conclusão do curso

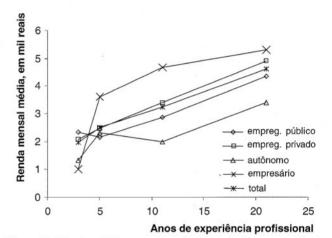


Figura 3b. Renda média mensal por tipo de trabalho e experiência profissional

#### O exercício profissional

A Tabela 2 compara a permanência na atividade atual com o tempo de experiência profissional. Considerando o ano de graduação, ela é, em geral, elevada, ainda que, para a coorte de 1980, se observe uma fração comparativamente alta de engenheiros com menos de três anos de permanência na atividade atual. Resulta daí uma relação entre o tempo de permanência na atual atividade e o tempo de experiência profissional bem menor do que para as demais coortes. Quase 1/4 dos engenheiros civis graduados em 1980 mudou de atividade nos últimos três anos. Algumas hipóteses poderiam ser aventadas para explicar esse fato. A primeira delas seria de que a mobilidade das relações profissionais na área de engenharia civil, no percentual observado, estaria de acordo com as expectativas. Isto não parece provável, uma vez que para a coorte de 1990 esta percentagem é bem menor. Outra hipótese é a de que esses engenheiros seriam mais propensos à mobilidade profissional, o que outros dados colhidos na pesquisa não confirmam. Foi solicitado aos entrevistados que informassem o número de atividades de sua trajetória profissional. A diferença observada, entre as médias encontradas para os graduados de 1980 que trocaram de atividade recentemente e os que não o fizeram, é pequena e sem significado estatístico.

Tabela 2. Tempo de permanência na atividade profissional atual, em anos

			Tempo do vínculo profissional atual					
Turma	Exper. Profissional	Tempo Médio	≤ 3.	4 ou 5	6 a 11	12 a 21	> 21	
1980	21	10,1	22%	10%	28%	39%	1%	
1990	11	8,0	11%	14%	61%	14%	-	
1996	5	3,3	59%	25%	16%	-	-	
1998	3	2,4	76%	17%	7%	-	-	

Uma terceira possibilidade seria a de considerar que esses engenheiros alcançaram um elevado padrão de desempenho profissional, o que os tornaria disputados pelo mercado de trabalho. Nesse caso, sua renda média seria bem superior à dos seus pares, o que, entretanto, não se verifica. Há, ainda, a hipótese de que essa mobilidade tenha sido ocasionada por crises no mercado, com fechamento de empresas ou redução de quadros. Os dados desta pesquisa não fornecem evidências disto, mas também não foi observado qualquer indício em contrário.

Outro aspecto a observar na Tabela 2 é que, excetuada a coorte de 1980, há um considerável percentual de engenheiros cujo vínculo profissional supera, em número de anos, o tempo de formado. Ou seja, a sua atividade atual iniciou-se anteriormente à conclusão do curso. Verifica-se, inclusive, uma tendência de crescimento progressivo desse percentual. O que pode estar ocorrendo é uma tendência crescente do estagiário permanecer na empresa após a conclusão do curso. Há que observar, entretanto, que 1/3 desses entrevistados declararam-se empresários ou autônomos, o que sugere que o trabalho exercido envolve vínculo familiar, explicando parte da alteração progressiva dos percentuais.

A satisfação em relação ao exercício profissional é grande: 90% declararam-na. Há uma forte correspondência entre satisfação profissional e salário: a renda média dos insatisfeitos é 50% inferior à dos satisfeitos. Observa-se, no entanto, que uma parcela desses últimos está procurando emprego e alguns dos primeiros não o estão fazendo. No total, 15% informaram estar nessa situação, sendo que o percentual correspondente é de 12% entre os satisfeitos e de 53% entre os insatisfeitos. A procura de emprego também guarda forte relação com a renda mensal, pois os que o fazem percebem cerca de 50% menos do que os demais. Entre os insatisfeitos, os que procuram trabalho ganham menos do que os que não o fazem; entre os satisfeitos, os que procuram trabalho recebem bem menos do que os demais. Estes dados sugerem que, conquanto o padrão de remuneração influencie fortemente a satisfação profissional, há outros fatores que também concorrem para ela.

#### A formação recebida

Solicitou-se aos entrevistados que avaliassem aspectos da formação que receberam, utilizando uma escala com três categorias: bom, regular e ruim, para os itens corpo docente, currículo e infra-estrutura. Os resultados encontrados podem

ser avaliados atribuindo-se pesos 2, 1 e 0 a cada uma dessas categorias. As médias encontradas estão na Tabela 3.

Tabela 3. Avaliação dos entrevistados em relação a aspectos de sua formação

						Corpo docer	nte
Титта	Currículo	Biblioteca	Laboratórios	Relação escola e mercado	Competência	Dedicação	Relação com alunos
1980	1,52	1,33	1,00	0,54	1,22	1,22	1,48
1990	1,33	1,62	1,07	0,66	1,60	1,60	1,50
1996	1,38	1,44	1,38	0,77	1,69	1,69	1,52
1998	1,25	1,38	1,29	0,73	1,71	1,27	1,40
Tot.	1,31	1,42	1,20	0,67	1,62	1,43	1,47

Destaca-se nesta avaliação a competência do corpo docente, cujas médias crescem ao longo das coortes, de tal sorte que, para as duas mais recentes, o percentual que a considerou boa foi superior a 70%. Em contrapartida, decresceu continuamente a satisfação com o currículo do curso, sugerindo que este envelheceu. Tal conclusão é corroborada pelo estudo realizado por uma comissão de professores e que levou à reforma curricular de 1998 (Chernicharo et alli, 1997).<sup>3</sup>

Entre os itens que tiveram avaliação negativa, destacamse os laboratórios e a relação entre escola e mercado de trabalho, sendo que este último foi o único cuja média não chegou ao regular. Para os laboratórios, a avaliação apenas regular das duas primeiras coortes modificou-se sensivelmente, para melhor, no caso das turmas graduadas após 1990, indicando ter ocorrido melhoria de infra-estrutura do curso nessa década.

Procurou-se também conhecer como os entrevistados avaliam a formação que receberam, quanto a três linhas mestras: formação básica, técnica e em áreas conexas. Os engenheiros civis estão razoavelmente satisfeitos com a formação básica, considerada adequada por mais de 3/4 deles, e com a formação técnica, avaliada da mesma forma por 2/3, ainda que uma fração considerável (1/4) tenha considerado esta última insuficiente. O maior índice de insatisfação foi manifestado quanto à formação em áreas conexas, julgada insuficiente por quase 75%. Este mosaico geral repete-se, com pequenas alterações, em todas as coortes. Ademais, 80%

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Neste estudo, foram apontadas como deficiências do currículo, além do excesso de carga horária: ausência de abordagem interdisciplinar, desatualização de ementas e programas, pouca atividade extra-classe, compartimentalização vertical e horizontal excessivas, ausência de disciplina que permitisse uma visão global do curso e da engenharia. A reforma curricular realizada reduziu a carga horária para 3750 horas, eliminou as ênfases, mesclou disciplinas de formação básica, profissional, geral e complementar, introduziu disciplinas de ciências humanas e sociais e uma disciplina de introdução à Engenharia Civil. Três disciplinas de integração de conteúdos (Trabalho Integrador Multidisciplinar) foram introduzidas no final do curso, sendo criado também um Programa de Internato Curricular

dos entrevistados consideram que sua formação está contribuindo muito para sua profissão, enquanto que apenas 6% avaliam que ela não contribuiu para isto.

#### A formação e o exercício profissional

Foi solicitado aos entrevistados que apontassem, entre diversos aspectos, os que contribuem para o bom exercício profissional – conhecimento de idiomas, conhecimento de informática, atualização tecnológica, manter-se bem informado sobre os acontecimentos do mundo e da sociedade em que vive, ter atividades em área diversa da sua atuação profissional. Os resultados observados, em geral, não variam significativamente de turma para turma, razão pela qual são apresentados de forma agregada, na Tabela 4. Todos eles foram avaliados como contribuindo muito, embora surpreenda o fato de que o item "manter-se bem informado" tenha sido mais valorizado do que o conhecimento de idiomas.<sup>4</sup>

Tabela 4. Aspectos que contribuem para o exercício profissional: % de respostas "sim"

Infor- mática	Idiomas	Atualização tecnológica	Infor- mação	Atividades em área diversa
92	74	94	92	66

Buscou-se, ainda, conhecer a opinião dos entrevistados a respeito das habilidades necessárias ao exercício profissional, frente à formação recebida. Apresentou-se uma relação delas - iniciativa, criatividade, capacidade de adaptação a mudanças, disciplina, capacidade de trabalhar em equipe, liderança e ética profissional - para que fossem indicadas quais contribuem para este exercício. Todas foram classificadas como muito importantes por, no mínimo, 95%. A seguir, questionou-se se o curso teria contribuído para desenvolvê-las, permitindo-se respostas em três categorias - muito, um pouco e não. Atribuindo-se pesos 2, 1 e 0 a cada uma dessas respostas, o resultado encontrado pôde ser expresso na escala, apresentada na Tabela 5, que informa, ainda, o percentual dos que responderam "muito". Pelo mesmo motivo anterior, os resultados foram também apresentados de forma agregada.

A avaliação foi apenas regular para a maioria das habilidades, indicando que o curso contribuiu pouco para o desenvolvimento da maioria delas. A ética profissional, a capacidade de trabalho em equipe e a disciplina são as que foram mais bem desenvolvidas. A fração dos que consideraram que o curso desenvolveu muito a iniciativa, a criatividade e a liderança não alcançou 1/3, sendo que esta última sequer alcançou classificação regular.

Tabela 5. Contribuição da escola para as habilidades necessárias ao exercício profissional

	Iniciativa	Criatividade	Adaptação a mudanças	Disciplina	Trabalho em equipe	Liderança	Ética
Média dos pesos	1,08	1,09	1,14	1,33	1,34	0,89	1,37
% "muito"	30	29	39	48	48	24	52

Além da formação recebida na graduação e das habilidades necessárias ao exercício profissional, os pesquisados foram argüidos sobre a importância de outros fatores para a inserção profissional, tais como o prestígio da UFMG, a formação pósgraduada e as relações familiares e pessoais. Os resultados observados estão na Tabela 6, na qual as quatro coortes foram separadas em dois grupos: o que se graduou até 1990 e o que o fez após esta data.

Tabela 6. Fatores extrínsecos à formação que facilitam a inserção profissional: % de respostas sim

Coorte	Prestígio UFMG	Formação pós- graduada	Relações familiares / pessoais		
1980 / 1990	69	26	44		
1996 / 1998	79	34	58		
Total	74	30	51		

Dos três itens, aquele que mais contribui para a inserção profissional é o prestígio resultante de ter-se formado na UFMG, fator que supera, francamente, os dois outros quanto ao percentual de respostas *sim*, em especial a formação pósgraduada, considerada importante por menos de 1/3. Todos esses fatores foram melhor avaliados pelos engenheiros graduados após 1990, o que sugere o confronto desses entrevistados com um mercado de trabalho mais competitivo, eufemismo, talvez, para dizer que as oportunidades de trabalho diminuíram<sup>5</sup>.

Procurou-se verificar se os entrevistados consideram que sua atividade profissional frequentemente está direcionada para o desenvolvimento social e para a diminuição de desigualdades. Não chega a 50% o percentual dos que assim pensa. Esse percentual decresceu significativamente após 1990: para as coortes graduadas até este ano, tomadas em conjunto, ele alcança 55% e, para as duas outras, também

Estes dois itens também estão presentes na pesquisa realizada por Laudares (2000), com engenheiros da FIAT Automóveis. Este autor indicou que outros conhecimentos, além da formação técnica, balizam a performance profissional do engenheiro, pelo menos na empresa privada, como o domínio dos conteúdos relativos à gestão, aos negócios, ao direito, à tecnologia de informação e às línguas estrangeiras

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Analisando a formação dos engenheiros em Minas Gerais, Crivellari (2000) registra em análise de entrevistas realizadas com diretores do sindicato dos engenheiros, que os processos de modernização produtiva e a recessão econômica do país têm ocasionado forte queda dos níveis de emprego para os engenheiros, conforme verificado pelo número de homologações de demissões ocorridas no segundo semestre de 1995. Além disso, segundo eles, os engenheiros não vêm reivindicando sequer o piso salarial da categoria, conclusão tirada a partir da pequena presença deles no sindicato. Afirmam, ainda, que as pequenas firmas de engenharia vêm reduzindo significativamente os postos de trabalho destinados a esses profissionais

consideradas de forma agrupada, é de 38%. Em contrapartida, cresce o grupo que considera que sua atividade profissional raramente apresenta tais características: 50% dos graduados em 1998 manifestaram essa opinião, enquanto que, para a turma de 1980, o percentual correspondente não alcança 25%.

A resposta dada a esse quesito é marcadamente influenciada pelo vínculo de trabalho dos entrevistados. Para 66% dos que atuam no setor público, sua atividade profissional freqüentemente tem esses objetivos, e apenas 14% indicaram a opção "raramente". Situação completamente diversa é observada para os que atuam no setor privado, com os percentuais correspondentes de 38% e 41%. Considerando a expressiva mudança no perfil do setor de trabalho ao longo das coortes (Figura 3a), é provável que a diferença de opinião observada entre elas seja, em boa parte, associada ao fato de que os graduados das turmas mais antigas são predominantemente empregados no setor público, enquanto que os das turmas mais novas atuam, em sua grande maioria, no setor privado.

Solicitados a comparar sua situação sócio-econômica atual com a de seus pais, quando os entrevistados ingressaram na Escola de Engenharia, 54% consideraram-na melhor, 30% igual e 16% pior. É possível que este julgamento esteja um pouco contaminado pela renda atual, uma vez que a média dessa renda é decrescente para os três grupos. De qualquer forma, parece razoável supor que a conclusão do curso de Engenharia Civil foi determinante para a ascensão social de boa parte dos entrevistados. Caso essa hipótese seja verdadeira, considerando o padrão de remuneração dos entrevistados, pode-se também afirmar que boa parte deles pertencia, antes da conclusão do curso, aos estratos inferiores da classe média<sup>6</sup>.

Uma última observação decorre da pergunta feita aos entrevistados, pedindo que avaliassem se vale a pena ser engenheiro. O resultado apresentado revela a presença de uma opinião francamente favorável, independentemente da coorte, o que, talvez, seja um pouco surpreendente, tendo em vista alguns dos aspectos anteriormente analisados. Quase 2/3 responderam sim a essa pergunta, enquanto quase 20% responderam mais ou menos. Como seria de se esperar, essa avaliação sofre interferência do fator renda, já que aqueles que responderam sim têm renda média mensal quase 30% superior à dos demais. Ademais, o percentual de respostas sim ultrapassa 80% entre os que declararam renda igual ou superior a R\$ 5.000,00. Essa interferência parece não ser determinante, uma vez que 60% dos que declararam renda até R\$ 2.000,00 responderam da mesma forma a este item.

#### **CONCLUSÃO**

Os engenheiros civis formados pela UFMG são, em sua maioria (2/3), do sexo masculino e fizeram escola média privada.

Cerca de 30% deles são oriundos de famílias cuja renda, à época de seu ingresso na universidade, era inferior a R\$ 3.000,00. A busca de formação continuada, através de cursos de pós-graduação, não é muito frequente, assumindo relativa importância só para as turmas após 1990, e concentrada em cursos de especialização.

Os engenheiros civis da UFMG atuam principalmente como empregados. Ao longo das coortes estudadas, os do setor público, que representam quase a metade dos graduados em 1980, foram cedendo lugar aos do privado, de tal sorte que, na coorte de 1998, pouco mais de 10% atuam no setor público, enquanto que os empregados do setor privado quase alcançam 2/3 dos entrevistados. Esta característica reflete as prioridades impressas à política econômica brasileira na última década do século passado. A remuneração média cresce com a experiência profissional, mas as mulheres ganham cerca de 25% menos do que os homens.

Os dados coletados permitem projetar, para os recém formados, rendimentos muito próximos do mínimo profissional, R\$ 1.700,00, aumentando à razão de R\$ 140,00 por ano de experiência. Há uma ordem decrescente de remuneração, conforme o tipo de trabalho: empresários, empregados do setor privado, empregados do setor público e autônomos. Quando se considera o tempo de formado, observa-se inversão de posições entre os empregados do setor privado e os empresários e entre os autônomos e os empregados do setor público. A mobilidade profissional é relativamente pequena. O tempo médio de permanência na atividade atual tende a se aproximar do tempo de formado, exceto para a coorte de 1980, que apresenta uma fração grande (1/4) de entrevistados que trocaram de emprego nos últimos três anos. Há evidências de que cada vez mais os graduados tendem a permanecer nas empresas em que estagiavam quando estudantes.

A avaliação da formação recebida destaca principalmente a competência do corpo docente. Em contrapartida, a relação entre o curso e o mercado de trabalho foi considerada ruim e há claros indícios de que o projeto curricular envelheceu.<sup>2</sup> Laboratórios e bibliotecas tiveram avaliações similares – entre regular e boa -, mas com tendência diversa. No primeiro caso, ela foi mais favorável para as turmas mais recentes, revelando investimentos feitos na infra-estrutura; no segundo, ocorre o contrário, sugerindo que deixaram de ser feitos investimentos necessários à manutenção e modernização do acervo bibliográfico. Quanto às habilidades necessárias para o exercício profissional, os entrevistados consideraram que a escola contribuiu razoavelmente para o desenvolvimento da ética profissional, da capacidade de trabalhar em equipe e da disciplina, mas deixou a desejar no que diz respeito à iniciativa, à criatividade, à adaptação a mudanças e à liderança.

Em termos globais, os entrevistados revelam-se satisfeitos com sua opção profissional. Mais da metade considera que a graduação em engenharia civil proporcionou-lhes ascensão social, apenas 15% procuram emprego, mais de 4/5 estão satisfeitos com a atividade profissional que têm e quase 2/3 declararam claramente que vale a pena ser engenheiro civil.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Quase 60% dos entrevistados que afirmaram estar em situação sócioeconômica melhor do que seus pais declararam renda mensal de, no máximo, R\$ 3.000,00

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Graduação da UFMG pelo financiamento do projeto e aos estudantes de Engenharia Civil Guilherme Moreira Grossi e Eugênio Mariante pelo trabalho de teste e aplicação dos questionários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHERNICHARO, C.A.L. et alli – Modernização curricular do curso de graduação em Engenharia Civil da UFMG, projeto de mudança curricular, Belo Horizonte, 34 págs, 1997, mimeo.

# CRIVELLARI, Helena – Relação educativa e formação de engenheiros em Minas Gerais, *in*: Lúcia Bruno e João Bosco Laudares (orgs) – Trabalho e formação do engenheiro, Belo Horizonte, Fumarc/PUC-MG, p. 227 - 265, 2000.

LAUDARES, João Bosco – A qualificação / requalificação do engenheiro na fábrica globalizada: a necessidade de novos processos de trabalho, *in*: Lúcia Bruno e João Bosco Laudares (orgs) – Trabalho e formação do engenheiro, Belo Horizonte, Fumarc/PUC-MG, p. 155-186, 2000.

SAMPAIO, Helena e VELLOSO, Jacques – Mestres e doutores em Engenharia Civil: da empresa à academia?, *in*; Jacques Velloso (org.) - A pós-graduação no Brasil: formação e trabalho de mestres e doutores no país, vol 1,CAPES/UNESCO, Brasília, p. 203 - 256, 2002.

#### DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



#### Mauro Mendes Braga

Doutor em Química (1989) e professor do Departamento de Química da UFMG, desde 1973, universidade onde exerceu diversos cargos de administração acadêmica. Foi pesquisador na área de Cinética Química, publicando diversos artigos. Há

cerca de seis anos desenvolve projetos sobre ensino superior: acesso, evasão, egressos, com publicações regulares. Seus artigos mais recentes foram publicados em Cadernos de Pesquisa, julho de 2001 e em Química Nova, julho/agosto de 2002 e setembro/outubro de 2002, além de cinco capítulos de livros, em 2002, todos eles relacionados à temática do ensino superior.



#### Maria do Carmo Lacerda Peixoto

Cientista Social pela Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFMG (1969), Doutora em Educação pela UFRJ (1994), Mestre em Sociologia do Desenvolvimento pela UnB (1974) e Mestre em Educação pela Fundação Getúlio Vargas/RJ (1984). Professor adjunto

IV do Departamento de Administração Escolar da Faculdade de Educação da UFMG. Áreas de interesse: políticas públicas, com ênfase em políticas educacionais e políticas da educação superior.



#### Ana Maria Gontijo Figueiredo

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia da UFMG (1979). Especialista em Engenharia de Estruturas pela UFMG (1983), Mestre em Engenharia de Estruturas pela UFMG (1992). Professor adjunto IV do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de

Engenharia da UFMG. Áreas de interesse: ensino de engenharia, mecânica das estruturas, métodos numéricos, mecânica da fratura, soldagem.



#### Roberto Márcio da Silva

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da UFMG (1977). Doutor em Engenharia de Estruturas pela USP - São Carlos (1996). Professor adjunto IV do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da UFMG. Atualmente é

Coordenador do Curso de Engenharia Civil da UFMG. Áreas de interesse: ensino de engenharia, alvenaria estrutural, concreto armado, métodos numéricos.



#### Tânia Fernandes Bogutchi

Matemática pela UFMG (1984). Especialista em Matemática pela UFMG (1991), Especialista em Estatística pela UFMG (1994), Mestre em Estatística pela UFMG (2001). Professora assistente III do Departamento de Matemática e Estatística da PUC-Minas. Áreas

de interesse: metodologia estatística aplicada às ciências biológicas e exatas, ensino de estatística e matemática aplicada.

# DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MULTIMÍDIA E INTERATIVA PARA O ENSINO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral¹, Sylvana Melo dos Santos², Abelardo Antônio de Assunção Montenegro³, Antonio Celso Dantas Antonino⁴, Keyla Duarte de Almeida⁵ & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva⁶

#### RESUMO

O ensino de hidráulica, hidrologia e de processos físicos da água no meio ambiente requer, geralmente, equipamentos e medições de diversas variáveis e parâmetros. O presente artigo mostra um *software* interativo multimídia com a finalidade de aprimorar o entendimento dos processos físicos e o ensino das medições hidrológicas. O referido pacote computacional é disponibilizado em forma de CD para os alunos do 4º semestre dos cursos de engenharia e permite que eles aprendam no seu próprio ritmo, no tempo e local que seja mais adequado. O software inclui texto, desenhos, fotografias, clips, diagramas num ambiente de hipermídia proporcionando aos estudantes controle e eficiência no processo de aprendizagem.

Palayras-chave: técnicas de ensino, hidrologia, hidráulica, medições hidrológicas, hidrogeologia

#### ABSTRACT

Teaching hydraulics, hydrology and physical processes of water in the environment, generally requires equipment and measurements of several variables and parameters. This paper presents an interactive multimedia software to enhance the understanding of physical processes and the mastering of hydrological measurements. The software is handed out to 4<sup>th</sup> semester undergraduate engineering students and allow them to learn at their own pace, regardless of particular choice of time and place. The software includes text, drawings, photographs, movies clips, and diagrams in an hypermedia environment, to provide the student with control and improve their learning efficiency.

Key-words: teaching techniques, hydrological measurements, hydraulics measurements, hydrogeology

# INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica da água no meio ambiente, incluindo os processos que se desenvolvem na superfície da terra e no subsolo, inter-relaciona diversas áreas de conhecimento das Ciências Ambientais e Engenharias. A Engenharia Hidráulica, as Ciências do Solo, a Engenharia Ambiental, a Engenharia Civil, a Engenharia de Minas, a Geologia e Oceanografia

constituem exemplos de áreas de conhecimento em que a água aparece compondo binômios e subsistemas combinados em abordagens quantitativa e qualitativa. As principais subáreas de conhecimento envolvidas são Recursos Hídricos, Física dos Solos e Hidrogeologia.

O que se espera de um engenheiro do século XXI é que tenha um perfil multidisciplinar, com capacidade de resolver problemas e tomar decisões, e que seja flexível, adaptável,

Professor, PhD, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Recursos Hídricos. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE. Telefax: (81) 3271-8223. E-mail: jcabral@ufpe.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Aluna de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Recursos Hídricos. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE. Telefax: (81) 3271-8223. E-mail: sylinsfran@bol.com.br

Professor, PhD, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural. Av. Dom Manoel da Costa, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE. Fone: (81) 3302-1273. E-mail: monte@hotlink.com.br

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Professor, PhD, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Energia Nuclear. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE. E-mail: acda@npd.ufpe.br

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Aluna de Mestrado, Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Recursos Hídricos. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE. E-mail: keylalmeida@bol.com.br

<sup>6</sup> Aluno de Graduação, Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Recursos Hídricos. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CEP 50740-530, Recife, PE. E-mail: alrpaiva@ctg.ufpe.br

crítico e criativo (Borges e Aguiar Neto, 2000). Para desenvolver estas habilidades, o aluno precisa aprimorar sua capacidade de aprender, num processo de formação contínua, que não se acaba com a conclusão do curso de graduação, podendo as ferramentas multimídia dar uma importante contribuição neste sentido.

Além disso, os novos processos de gestão da qualidade total no ensino superior (Figueiredo Neto e Rodrigues, 2000) colocam o cliente/usuário/aluno como um dos mais importantes na cadeia produtiva de conhecimentos na universidade. Com o novo paradigma de foco centrado no aluno, busca-se induzir mudanças culturais, estratégicas e técnicas, levando o aluno a estar envolvido ativamente no processo educacional.

O ensino de disciplinas relacionadas ao entendimento dos processos da água no solo, subsolo e atmosfera, em cursos de graduação das áreas de conhecimento supracitadas, não dão a ênfase necessária à aquisição e processamento de dados. A principal razão para esse fato é a falta de infraestrutura para que as aulas práticas abordem adequadamente tais assuntos.

Em virtude disso, foi proposta a elaboração de um CD didático sobre medições hidrológicas, utilizando recursos de multimídia, em especial imagens (estáticas e dinâmicas) para que os alunos possam ter um melhor conhecimento dos equipamentos e das práticas de medida, suprindo as limitações citadas.

Este artigo descreve a utilização da multimídia e hipermídia na elaboração do CD, incluindo as idéias didático pedagógicas e as características técnico-computacionais de obtenção e armazenamento das imagens e de acesso aos módulos de informação.

# REFERENCIAL TEÓRICO

A definição do tipo de material de ensino a ser desenvolvido constitui um dos desafios para aliar criatividade e conhecimento na resolução do complexo dilema sem solução universal: como motivar o alunado a aprender. A experiência profissional e/ou de pesquisa do professor é uma importante aliada na tomada desta decisão (Braga, 2000).

A função do professor, muito mais que instruir, é facilitar o processo de aprendizagem e para isso o conhecimento do comportamento e das reações de seus alunos é muito importante na adoção de técnicas de ensino. Nesse contexto, Kosak e Eberspächer (2000) apresentaram estilos de liderança exercidos pelo professor, em função do nível de maturidade de seus alunos. A adequação do processo pedagógico e a iniciativa de propostas inovadoras e pouco tradicionais deverão estar de acordo com a realidade do alunado, para que os resultados obtidos sejam muito próximos dos esperados.

A ferramenta didática desenvolvida neste projeto se enquadra nos casos em que o professor exerce as tarefas de coordenação e colaboração, em que o líder explica, proporciona espaço para discussões, troca idéias e auxilia na tomada de decisões.

Neste sentido, buscou-se desenvolver um ambiente interativo, onde o processo de aprendizagem ocorra com eficiência no tempo gasto para o aprendizado e eficácia nos resultados, atendendo aos seguintes atributos:

- o aluno aprende no seu próprio ritmo;
- o aluno escolhe a hora e o lugar mais conveniente;
- o processo pode ser seletivo, ou seja, o aluno navega na seqüência desejada, podendo, inclusive, ignorar alguns módulos que já conheça.

Portanto, um ponto básico do ambiente interativo multimídia é proporcionar ao educando o controle do processo de aprendizagem.

Esta ferramenta didática, que vem sendo disponibilizada para os alunos em forma de CD-ROM (compact disk read only memory), tem como premissas, para o aprimoramento do processo ensino – aprendizagem:

- Imagem como elemento de grande poder informativo as imagens dos equipamentos e dos processos de instalação e operação dos equipamentos transmitem uma quantidade de informação que de outra forma exigiria algumas páginas de texto escrito.
- Imagem como elemento de fácil assimilação e fixação na memória - os alunos ao verem imagens projetadas na tela com o uso de retroprojetor ou de um computador, conseguem lembrar com detalhes até muitos meses depois.
- Imagem dinâmica para transmitir informações variando no tempo algumas situações são mais bem explicadas quando se consegue representá-las através de uma seqüência de imagens num *clip* de filmagem.
- Maior motivação, com o uso de imagens, cores e áudio os alunos ficam muito mais motivados para estudar com o CD do que com um livro comum. A seqüência de imagens, as cores e o som mantêm o aluno desperto e interessado em buscar novos conhecimentos.

A prática tem mostrado que a utilização de aplicativos hipermídia estão longe de substituir os recursos tradicionais de sala de aula, contato direto com o professor e com os colegas, material didático em papel, anotações e livros. Apesar de alguns estudos realizados diretamente com alunos, que se utilizaram destes avanços da informática como recurso de aprendizagem, mostrem que este tipo de instrumento é muito bem aceito como material adicional de estudo (Dharmappa et. al, 2000), não deve ser adotado como única fonte de ensino (Papaspyrou et. al, 1999).

# ESTRUTURAÇÃO DO CD-ROM

O usuário do aplicativo tem, em qualquer momento, acesso livre aos aspectos teóricos referentes ao assunto. Conforme apresentado por Eberspächer e Kaestner (1998) os principais aspectos a serem dominados pelo aprendiz devem possuir uma definição textual, denominada Conceito, e um ou mais Exemplos. Considerando que Conceito é uma abstração definida textualmente e Exemplo é uma realização concreta baseada nos recursos multimídia disponíveis, a combinação destes dois itens, Conceito e Exemplo, compõe a forma de apresentação dos aspectos chamada de Módulos. O

aplicativo foi concebido para que, em qualquer momento, o usuário tenha domínio sobre o avanço/retrocesso dos Módulos, de acordo com a própria velocidade de aprendizagem. A ligação entre os Módulos através da rede de *links* permite, portanto, uma "navegação" quase autônoma sobre o aplicativo de ensino.

Sendo assim, cada Módulo possui um arranjo próprio de conceitos, exemplos e recursos independentes, ou seja, existe uma arquitetura de informação padrão que organiza a distribuição dos elementos dentro do aplicativo. A arquitetura de informação consiste no conteúdo de informação e na forma como ele é organizado (Kozak et. al,1998). A configuração básica define o máximo nível de itens a que pode atingir a arquitetura de informação adotada no aplicativo, para cada Módulo (Figura 1).

Aplicativo → página inicial + página\* + página final

Página inicial → texto + links¹\* + links²\* + [exercício]

Página final → texto + links²\*

Links¹ → link para outra página

Links² → link para um recurso

Página → texto + links¹\* + links²\* + [exercício]

Recurso → imagem\* + áudio\* + vídeo\*

Imagem (BMP, JPG, GIF)

Áudio (WAV)

Vídeo (AVI)

Exercício → enunciado + opção\*

Enunciado→ texto

Opção → texto

Onde:

- [ ] elemento opcional
- \* nenhum ou mais elementos
- composto de
- ( ) possíveis extensões adotadas
- elementos que devem estar presentes

Figura 1. Descrição geral do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia

A escolha da linguagem Flash 4.0 para desenvolvimento do aplicativo de ensino Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia está fundamentada, principalmente, na necessidade de se criar um ambiente de aprendizagem interativo e amigável. Considerando que mais de 70% dos estudantes universitários, no Brasil, têm acesso à rede mundial de computadores, Internet (Silva et. al, 2000), buscou-se, no desenvolvimento do aplicativo, a criação de um ambiente familiar ao aluno, tal que o manuseio do mesmo não representasse uma dificuldade, ou mesmo uma desmotivação ao aprendizado. A idéia era, também, promover um ambiente independente, ou seja, criar um aplicativo executável para que o aluno pudesse manuseá-lo de qualquer computador disponível, sem que fosse necessário utilizar as ferramentas

de internet. Nesse contexto, a linguagem *Flash* se adequou perfeitamente às necessidades do projeto, contituindo-se, numa ferramenta bastante utilizada pelos *web-designers* na construção de *homepages*, animações e apresentações em geral, que permite a criação de um arquivo executável, de extensão *exe*, como previsto inicialmente.

Uma vez definida a linguagem a ser utilizada na elaboração do aplicativo de ensino, o passo seguinte foi a "criação" do design da tela de interface. Alguns cuidados foram tomados para "atrair" a atenção do aluno: um quadro de recados é o pano de fundo das aulas (Figura 2) e alguns textos parecem extraídos do caderno e presos por "alfinetes" ao quadro (Figura 3). Até mesmo o ícone do aplicativo foi elaborado de forma a representar a integração do tradicional (o livro), com o moderno (o CD), para o ensino da hidrologia (o "H").



Figura 2. Tela inicial do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia

Em vários Módulos foram utilizadas imagens para ilustrar os Conceitos apresentados. A adoção destas imagens só foi possível graças à realização de filmagens nas áreas de teste mantidas pelo grupo de pesquisa, dos equipamentos utilizados e de diversos experimentos em andamento. Das filmagens foram produzidos os *clips*, em extensão *avi* (Figura 4) e também várias imagens estáticas, para identificação dos detalhes dos equipamentos.

Outras imagens foram obtidas com o uso de máquina fotográfica digital (Figura 5) e um último grupo de imagens foi obtido com o uso do scanner, para transformar fotos impressas em papel fotográfico comum para meio eletrônico. Quanto aos recursos de áudio, foram gravadas algumas entrevistas, utilizados sons da água em vários tipos de escoamentos, e ainda utilizadas trilhas sonoras quando da introdução dos módulos. Os textos foram preparados inicialmente em *Word* e depois convertidos para o programa em linguagem *Flash*.

# MÓDULOS DIDÁTICOS

Os módulos didáticos foram divididos em seções. A primeira seção trata das áreas experimentais mantidas pelos grupos de pesquisa envolvidos no projeto, a segunda seção



Figura 3. Tópicos gerais do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia



Figura 4. Execução de um vídeo acessado através do botão "Vídeo" localizado no canto superior esquerdo da tela

trata dos equipamentos para medições hidrológicas, a terceira seção inclui experimentos de laboratório e de campo e a quarta seção descreve os grupos de pesquisa envolvidos. Em síntese, tem-se a composição seguinte:

Primeira seção – áreas experimentais: A primeira seção do CD inclui a descrição das áreas de testes que vêm sendo estudadas pelos grupos de pesquisa. As referidas áreas se situam na zona da mata, zona do agreste e zona do sertão, e uma outra situada em região de Brejo de Altitude, que também inclui as noções gerais de redes hidrométricas

e as características básicas dos sistemas de informações hidrológicas.

Segunda seção – equipamentos: A segunda seção se refere ao estudo dos equipamentos propriamente ditos. Foram incluídos equipamentos utilizados na Hidráulica, na Hidrologia e na Hidrogeologia.

Para cada equipamento procurou-se colocar algumas fotos, descrição dos componentes, forma de uso e cuidados a serem tomados na realização das medições de campo ou de laboratório.

aplicativo foi concebido para que, em qualquer momento, o usuário tenha domínio sobre o avanço/retrocesso dos Módulos, de acordo com a própria velocidade de aprendizagem. A ligação entre os Módulos através da rede de *links* permite, portanto, uma "navegação" quase autônoma sobre o aplicativo de ensino.

Sendo assim, cada Módulo possui um arranjo próprio de conceitos, exemplos e recursos independentes, ou seja, existe uma arquitetura de informação padrão que organiza a distribuição dos elementos dentro do aplicativo. A arquitetura de informação consiste no conteúdo de informação e na forma como ele é organizado (Kozak et. al,1998). A configuração básica define o máximo nível de itens a que pode atingir a arquitetura de informação adotada no aplicativo, para cada Módulo (Figura 1).

Aplicativo → página inicial + página\* + página final

Página inicial → texto + links¹\* + links²\* + [exercício]

Página final → texto + links²\*

Links¹ → link para outra página

Links² → link para um recurso

Página → texto + links¹\* + links²\* + [exercício]

Recurso → imagem\* + áudio\* + vídeo\*

Imagem (BMP, JPG, GIF)

Áudio (WAV)

Vídeo (AVI)

Exercício → enunciado + opção\*

Enunciado→ texto

Opção → texto

Onde: [ ] elemento opcional

\* nenhum ou mais elementos

-> composto de

( ) possíveis extensões adotadas

Figura 1. Descrição geral do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia

elementos que devem estar presentes

A escolha da linguagem Flash 4.0 para desenvolvimento do aplicativo de ensino Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia está fundamentada, principalmente, na necessidade de se criar um ambiente de aprendizagem interativo e amigável. Considerando que mais de 70% dos estudantes universitários, no Brasil, têm acesso à rede mundial de computadores, Internet (Silva et. al, 2000), buscou-se, no desenvolvimento do aplicativo, a criação de um ambiente familiar ao aluno, tal que o manuseio do mesmo não representasse uma dificuldade, ou mesmo uma desmotivação ao aprendizado. A idéia era, também, promover um ambiente independente, ou seja, criar um aplicativo executável para que o aluno pudesse manuseá-lo de qualquer computador disponível, sem que fosse necessário utilizar as ferramentas

de internet. Nesse contexto, a linguagem *Flash* se adequou perfeitamente às necessidades do projeto, contituindo-se, numa ferramenta bastante utilizada pelos *web-designers* na construção de *homepages*, animações e apresentações em geral, que permite a criação de um arquivo executável, de extensão *exe*, como previsto inicialmente.

Uma vez definida a linguagem a ser utilizada na elaboração do aplicativo de ensino, o passo seguinte foi a "criação" do design da tela de interface. Alguns cuidados foram tomados para "atrair" a atenção do aluno: um quadro de recados é o pano de fundo das aulas (Figura 2) e alguns textos parecem extraídos do caderno e presos por "alfinetes" ao quadro (Figura 3). Até mesmo o ícone do aplicativo foi elaborado de forma a representar a integração do tradicional (o livro), com o moderno (o CD), para o ensino da hidrologia (o "H").



Figura 2. Tela inicial do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia

Em vários Módulos foram utilizadas imagens para ilustrar os Conceitos apresentados. A adoção destas imagens só foi possível graças à realização de filmagens nas áreas de teste mantidas pelo grupo de pesquisa, dos equipamentos utilizados e de diversos experimentos em andamento. Das filmagens foram produzidos os *clips*, em extensão *avi* (Figura 4) e também várias imagens estáticas, para identificação dos detalhes dos equipamentos.

Outras imagens foram obtidas com o uso de máquina fotográfica digital (Figura 5) e um último grupo de imagens foi obtido com o uso do scanner, para transformar fotos impressas em papel fotográfico comum para meio eletrônico. Quanto aos recursos de áudio, foram gravadas algumas entrevistas, utilizados sons da água em vários tipos de escoamentos, e ainda utilizadas trilhas sonoras quando da introdução dos módulos. Os textos foram preparados inicialmente em *Word* e depois convertidos para o programa em linguagem *Flash*.

# MÓDULOS DIDÁTICOS

Os módulos didáticos foram divididos em seções. A primeira seção trata das áreas experimentais mantidas pelos grupos de pesquisa envolvidos no projeto, a segunda seção

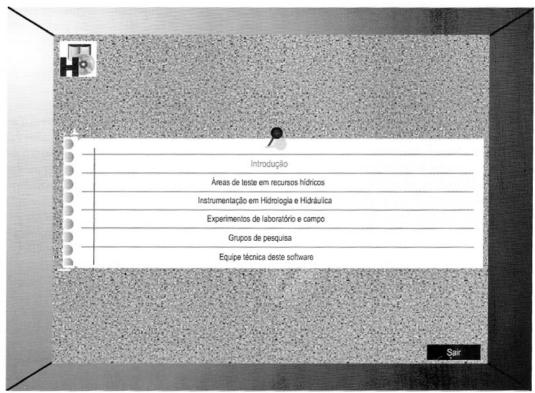


Figura 3. Tópicos gerais do aplicativo Medições Hidrológicas Utilizando Multimídia



Figura 4. Execução de um vídeo acessado através do botão "Vídeo" localizado no canto superior esquerdo da tela

trata dos equipamentos para medições hidrológicas, a terceira seção inclui experimentos de laboratório e de campo e a quarta seção descreve os grupos de pesquisa envolvidos. Em síntese, tem-se a composição seguinte:

Primeira seção – áreas experimentais: A primeira seção do CD inclui a descrição das áreas de testes que vêm sendo estudadas pelos grupos de pesquisa. As referidas áreas se situam na zona da mata, zona do agreste e zona do sertão, e uma outra situada em região de Brejo de Altitude, que também inclui as noções gerais de redes hidrométricas

e as características básicas dos sistemas de informações hidrológicas.

**Segunda seção – equipamentos:** A segunda seção se refere ao estudo dos equipamentos propriamente ditos. Foram incluídos equipamentos utilizados na Hidráulica, na Hidrologia e na Hidrogeologia.

Para cada equipamento procurou-se colocar algumas fotos, descrição dos componentes, forma de uso e cuidados a serem tomados na realização das medições de campo ou de laboratório.

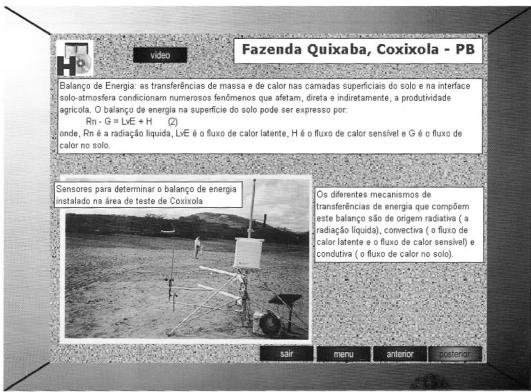


Figura 5. Foto e texto compõem uma das telas das áreas de teste

Os equipamentos considerados estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Lista de equipamentos

Quadro 1. Lista de e	quipamentos	
Termômetro	Venturi	Vertedores
Calha Parshal	Correntômetro	Ecobatímetro
Pluviômetro	Pluviógrafo	Linígrafo
Anemômetro	Hidrômetro	Evaporímetros
Instrumentação de	Perfilagem Gama e	Sonda de nêutrons
barragens	resistividade	
Sensor de nível	Extensômetro	Condutivímetro
TDR	pHmetro	Piezômetro
Tensiômetro	Viscosímetro	Régua
VLF	Permeâmetro a	Infiltrômetro de
Manômetros	disco	anel
Medidor em poço:	Coletas de água:	Molinete:
de nível de vazão	Físico-Química Colimetria	com hélice eletromagnético
Insolação: actinógrafo	Connectia	cictionagnetico
heliógrafo		

# Terceira seção – experimentos de laboratório e de campo:

O terceiro grupo inclui experimentos de laboratório e de campo, realizados nas áreas experimentais. Foram considerados ao experimentos listados no Quadro 2.

Quarta seção – grupos de ensino e/ou pesquisa: A última seção inclui a descrição dos grupos de pesquisa e ensino que trabalham com medições hidrológicas e realizam atividades relacionadas com a dinâmica da água no meio ambiente, na Universidade Federal de Pernambuco e instituições parceiras.

#### Quadro 2. Lista de experimentos

Pratica de barragem movel	Medição de vazão
Instalação de piezômetro	Infiltração em solos com
Modelo reduzido	camadas
Prática com amostrador de solo	Prática com drenos agrícolas
Prática com bombas	Perdas de carga
Prática com orifícios	Prática com radiação gama

### EXEMPLOS DE MÓDULOS

A seguir são mostrados dois exemplos. O primeiro é um trecho de aula prática sobre orifícios que está apresentado no Quadro 3. O segundo exemplo (Quadro 4) corresponde a um módulo de ensino de uso do linígrafo.

# **CONCLUSÕES**

É importante observar que o objetivo do CD didático não é substituir o professor, mas oferecer uma ferramenta complementar para auxiliá-lo e permitir que sejam apresentados mais assuntos na disciplina durante o semestre.

Outro ponto importante é a avaliação do que foi aprendido ao se estudar os módulos do CD. Para isso, os módulos relacionados a experimentos trazem um questionário ou uma planilha a ser preenchida pelos alunos, como avaliação de aprendizado.

O CD já foi utilizado durante dois semestres acadêmicos, para os alunos de Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica. O CD está disponível na Biblioteca do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, para

### Quadro 3. Trecho da aula prática sobre escoamento em orifícios

#### Definição:

Orifício é uma abertura na parede de um recipiente que contenha um líquido (ou gás) que se escoa sob a ação da energia potencial que possui. A abertura está inteiramente abaixo da superfície livre no reservatório (Porto, 1998).

#### Objetivo:

Observar como o fluido se comporta quando escoa por um orifício (Figura 6), fazendo comparações entre os resultados teóricos e práticos.



Figura 6. Equipamento utilizado para aula prática (Laboratório de Hidráulica - UFPE)

### Classificação dos orifícios:

- Quanto à forma geométrica: circulares, retangulares, quadrados, elípticos, etc.
- Quanto à espessura da parede:

Parede delgada - orifício cujo contato com o jato se faz segundo uma linha.

Parede espessa - aquele cujo contato entre líquido e perímetro da abertura se faz segundo uma superfície (Azevedo Neto, 1977).

O módulo continua com fotos, diagramas esquemáticos e outras informações úteis para os alunos.

#### Quadro 4. Trecho da aula prática de equipamentos sobre uso do linígrafo

#### Definição:

O linígrafo é um equipamento que tem como finalidade medir o nível d'água de rio, canal ou reservatório. O linígrafo é dotado de um sistema de tempo que permite acompanhar o nível d'água durante o dia todo. O dado é registrado e armazenado para depois ser elaborado o linigrama, um gráfico que resulta do registro do nível ao longo do tempo (Tucci, 1993).

#### Tipos de linígrafo:

Pode-se classificar os linígrafos segundo a forma de coletar e de armazenar o dado (Chevallier, 2000).

Segundo a forma de coletar os dados o linígrafo pode ser:

- Bóia e contra-peso
- Pressão

O linígrafo de bóia e contra-peso (Figura 7) consiste em um sistema com uma bóia de um lado e um peso do outro, amarrados por um cabo de aço. Este cabo passa por uma roldana. Quando o nível d'água varia, a bóia sobe ou desce conforme a variação do nível e consequentemente a roldana gira no sentido horário ou anti-horário.



Figura 7. Linígrafo tipo bóia

Continua na próxima página

### Continuação do Quadro 4

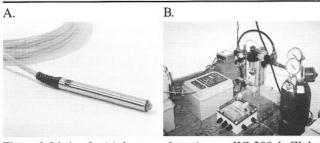


Figura 8. Linígrafo: (a) tipo transdutor (sensor WL300 da Global Water); (b) tipo gás (USGS OS-2 Pressure Sensor System Hydrological Company)

O linígrafo de pressão (Figura 8) mede a diferença de pressão entre a superfície da água e um determinado ponto. Existem várias maneiras de determinar essa diferença de pressão. Pode-se utilizar um sistema eletrônico, tipo transdutor, ou aplicar um gás com uma pressão conhecida.

A aplicação continua no CD, com outras fotos e exemplos de instalação.

empréstimo por 24 horas. A aceitação por parte dos alunos tem sido muito boa e em geral eles definem o CD como uma maneira interessante e motivadora de estudar equipamentos e procedimentos hidrológicos e áreas de teste.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a inestimável colaboração dos seguintes pesquisadores: José Almir Cirilo, Suzana Maria Gico Lima Montenegro, José Roberto Gonçalves de Azevedo, Ricardo Augusto Pessoa Braga, José Geilson Alves Demétrio e Paulo Frassinete de Araújo Filho, que participaram ativamente das atividades concepção do projeto e elaboração de diversos temas incluídos na ferramenta didática aqui descrita.

Os autores agradecem, também, o apoio financeiro da Pró-Reitoria para Assuntos Acadêmicos da UFPE-PROACAD, no âmbito do programa PROENSINO.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO, J.M. Manual de hidráulica. 6. ed. revista e complementada. São Paulo, Edgard Blucher, 1977, 342 p. BRAGA, W. Uso de Applets Java no Ensino de Engenharia. COBENGE, 2000. Anais em CD-ROM.

CHEVALLIER, L. Aquisição e processamento de dados. In: Modelos hidrológicos. segunda edição, Ed. Universidade UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre-RS, 2000. Cap. 13. p. 485-583. DHARMAPPA, H.B., CORDEROY, R.M., HAGARE, P. Developing an interactive multimedia software package to enhance understanding of and learning outcomes in water treatment processes. Journal of Cleaner Production, 8, 2000, p. 407-411.

EBERSPÄCHER, H.F. e KAESTNER, C.A.A. A geração de uma ferramenta de autoria para sistemas tutores inteligentes hipermídia. In: Simpósio e Desenvolvimento de Software Educativo, 3, Évora, Portugal, 1998, Anais em CD-ROM.

KOZAK, D.V., BORTOLOZZI, F., EBERSPÄCHER, H.F., ELEUTERIO, M.A. Metodologia, gerenciamento e qualidade no desenvolvimento de aplicativos multimídia de treinamento. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 9., Anais, Fortaleza, 1998

KOSAK, D.V. e EBERSPÄCHER, H.F. Uma abordagem para o ensino de programação nas engenharias. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), Ouro Preto, 2000, Anais em CD-ROM.

PAPASPYROU, N., RETALIS, S., EFREMIDIS, S., BARLAS, G., SKORDALAKIS, E. Web-based teaching in software engineering. Advances in Engineering Software, 30, 1999, p. 901-906

PORTO, R. M. Hidráulica básica. Projeto REENGE. EESC/USP. São Carlos, 1998, 540 p.

SILVA, J.G.S., ALMEIDA, N.N., SANTIAGO, R.A. Desenvolvimento de um sistema gráfico interativo para o ensino de disciplinas da graduação nos cursos de engenharia: Projeto MECNET. Revista de Ensino de Engenharia, v. 19, n.2, 2000, p. 9-19.

### DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



### Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Engenheiro Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 1978. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1985. Doutorado em Engenharia Civil, Wessex Institute Of Technology, WIT, Inglaterra, 1992. Professor do Centro de

Tecnologia e Geociências da UFPE. Prêmio: Primeiro lugar do exame de vestibular, UFPE, 1974. Área de atuação profissional: Recursos Hídricos



#### Sylvana Melo dos Santos

Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 1994. Mestrado em Engenharia Civil, UFPE, 1995. Aluna de doutorado em Engenharia Civil, UFPE. Gerente de Projetos da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de

Pernambuco. Área de atuação profissional: Solos, Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Assuntos de interesse: ferramentas computacionais de ensino, água subterrânea, deformações de solo, sistemas de informação.



Abelardo Antônio de Assunção Montenegro Engenheiro Civil, Universidade Federal de

Engenheiro Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 1985. Mestrado em Engenharia Civil Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, 1989. Doutorado em Engenharia Civil, University of Newcastle

Upon Tyne, Newcastle, Inglaterra, 1997. Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Área de atuação profissional: Recursos Hídricos.



#### Antonio Celso Dantas Antonino

Engenheiro Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 1984. Mestrado em Tecnologias Energéticas Nucleares, UFPE, 1988. Doutorado em Physique du sol. Universite de Grenoble I, França, 1992. Professor do Centro de Tecnologia e

Geociências da UFPE. Área de atuação profissional: Física do solo



### Keyla Duarte de Almeida

Aluna de Mestrado em Engenharia Civil, UFPE. Área de atuação profissional: Recursos Hídricos.



#### Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Aluno de graduação de Engenheira Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Área de atuação profissional: Recursos Hídricos.

# AVALIAÇÃO NA GRADUAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Maria Elba Dantas de Moura Pereira<sup>1</sup> & João Crisóstomo de Morais<sup>2</sup>

#### RESUMO

Neste artigo, discute-se a avaliação dos docentes pelos discentes, ressaltando-se e interrelacionando-se três aspectos: a participação dos alunos em seu processo, a adoção de sua metodologia pelo projeto político pedagógico do curso e a sua utilização como instrumento para elevação da qualidade dos cursos de graduação.

Palavras-chave: avaliação, ensino de graduação, ensino de arquitetura e urbanismo

### ABSTRACT

This article discusses the evaluation of the University professors by the University students, remarking and interrelating the following issues: participation of the students within the procedures to analyse their course; articulation of those procedures with the Pedagogical Political Programme related with the course; and the considering of that evaluation as an improvement of the graduate course's quality.

Key-words: avaliation, graduate teaching, urbanism and architecture teaching

# INTRODUÇÃO

No Curso de Arquitetura e Urbanismo – CAU, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, a avaliação de docentes pelos discentes vem sendo praticada desde os anos oitenta, ainda na primeira década do seu funcionamento.

No princípio, essa avaliação era realizada para que a coordenação do curso pudesse dispor de um instrumento que identificasse problemas no desempenho dos professores e ainda, simultaneamente, permitisse um diálogo mais consistente com o departamento, caso fosse necessário propor substituições de docentes, por ocasião da distribuição de disciplinas.

Com o passar dos anos, essa avaliação passou a sofrer uma série de restrições por parte dos professores avaliados, especialmente a partir do momento em que se decidiu tornar público, de forma indiscriminada, no âmbito do Departamento de Arquitetura – DA e do Centro de Tecnologia – CT, os seus resultados.

Levadas ao extremo, essas restrições desgastaram e desvirtuaram os objetivos originais da avaliação, conduzindo-a ao centro das divergências ideológicas dos grupos que atuavam politicamente no DA, com repercussões extremamente negativas sobre todos os compartimentos do curso.

Apesar da polêmica, a coordenação do curso continuou a realizar avaliações periódicas. Porém, como forma de

resguardá-las de um maior desgaste, os seus resultados passaram a ser enviados exclusivamente de forma individual e confidencial a cada um dos professores.

A partir de então e de modo progressivo, as avaliações foram se tornando instrumentos cada vez mais inócuos, que não geravam mudanças, não convidavam à reflexão nem se impunham como necessários. Ao fim, já não exerciam, sequer, influência na distribuição de disciplinas ou no remanejamento de professores.

À sombra de tais acontecimentos, a avaliação dos docentes pelos discentes passou a ser ignorada pelos avaliados e pelos avaliadores, pelo departamento e pela própria coordenação do curso que, por fim e durante os cinco últimos anos, deixou de realizá-la.

Uma radical mudança desse modo de ver os processos de avaliação só veio a se concretizar recentemente, estimulada pela ocorrência de dois eventos decisivos: a implantação do Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo - PPPCAU, e a adoção do Sistema de Avaliação do Ensino Superior, do qual o "PROVÃO" e a Avaliação das Condições de Ensino são dois de seus instrumentos.

No PPPCAU, cuja estrutura prioriza mudanças curriculares, de atitudes e de metodologias de acompanhamento, as ações permanentes de avaliação são os instrumentos sugeridos para a viabilização de suas premissas.

No segundo evento, os processos de avaliação deixaram de ser uma opção metodológica e passaram a ter caráter

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Professora, Mestre. Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba. Fone: (83) 216-2115. E-mail: cpme@prg.ufpb.br

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor, Mestre. Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba. Fone: (83) 216-2115. E-mail: da@ct.ufpb.br

obrigatório no âmbito dos cursos de graduação, na medida em que, ao realizá-los através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas - INEP, o Ministério da Educação e do Desporto - MEC implantava nas Instituições de Ensino superior a cultura da Avaliação institucional.

Nesse contexto, e decorridos os dois primeiros períodos letivos de vigência do PPPCAU, a coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, em conjunto com a Comissão de Acompanhamento da Implantação do PPCAU, retomou aqueles procedimentos, realizando a primeira avaliação do novo currículo e a dos docentes pelos discentes, o que foi levado a termo por ocasião da matrícula do período 2001.1

# FUNDAMENTOS DA AVALIAÇÃO

O documento PPP/CAU (1999), no capítulo concernente às suas estratégias de operacionalização, salienta que "a implantação do Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, assim como ocorreu no período de sua própria construção, acontecerá na medida em que todos os envolvidos — alunos, professores, coordenação do curso, departamentos, direção do Centro e administração superior — assumam o compromisso, em diferentes graus de comprometimento, de concretizá-lo."

O mesmo documento atribui aos alunos ações de participação efetiva em todas as etapas do processo de implantação, questionando, sugerindo e avaliando o cumprimento da estrutura curricular (...) e aponta para a necessidade de aluno e professor assumirem, novas posturas, onde o primeiro passa a ser sujeito do seu aprendizado e o segundo um mediador dessa aprendizagem.

Alves (2001) acolhe esse entendimento e leva-o às últimas conseqüências, ao afirmar que o currículo não é o professor, mas o aluno(...). Para esse autor, a educação, mais que um caminho é um percurso – e um percurso feito à medida de cada educando e, solidariamente, partilhado por todos.

Na sua percepção, o aluno é o verdadeiro sujeito do currículo – não um instrumento ou mero destinatário. Os professores não estão no centro da vida escolar, não são o sol do sistema curricular. Estão, relativamente aos educandos, em movimento de translação e circunevolução, procurando acompanhar, orientar e reforçar o percurso de aprendizagem e desenvolvimento pessoal e social de cada aluno.

Esse entendimento é amparado por Cunha (1993) para quem os estudantes podem ser os artífices dessa mudança, na medida em que comecem a experimentar um processo de ensinar e aprender que os torne sujeitos e que, portanto, traga satisfação. Para isso, é importante envolvê-los no processo de construção do novo, discutindo com eles, demolindo o pacto da mediocridade, tratando-os como parceiros da história.

De acordo com Abramowick (2001), a avaliação terá seu sentido mais autêntico e significativo se tiver articulação com o projeto político-pedagógico. É ele que dá significado ao trabalho docente e à relação professor-aluno.

Numa perspectiva mais ampla, e de acordo com Leite, Tutikian e Holtz (2000), a universidade é uma instituição que precisa repensar sua prática e reestudar constantemente seus princípios éticos e seus valores; deve ter a coragem de rediscutir a sua ação, rediscutir a sua missão e pensar efetivamente a melhor forma de cumprir essa missão.

Nesse sentido, também, a avaliação se apresenta como um instrumento de amplos recursos para a reflexão sobre essa práxis porquanto, ensejando o auto-conhecimento e a identificação dos pontos fortes e fracos, permite correções de rumos, favorecendo os processo de mudança e de adequação às novas realidades.

Ao lado dessas mudanças pedagógicas que perpassam o PPPCAU – e instigam a reflexão da comunidade acadêmica do curso acerca dos novos papéis e compromissos de cada um – colocam-se as determinações do Decreto 2026 de 10/10/96 e da Lei 9394 de 20/12/96 que definem a avaliação periódica como um dos mecanismos a serem adotados pelas universidades, para a obtenção de melhor qualidade dos cursos de graduação. Assim estabelecida, a avaliação nesse nível de ensino passa inevitável e preliminarmente pela auto-avaliação, em cujo âmbito insere-se, logicamente, a avaliação dos docentes pelos discentes.

Desta forma, e em consonância com todos esses pressupostos – que concebem o aluno como partícipe dos processos de avaliação e de construção de uma universidade mais democrática e de melhor competência, a comissão de implantação do PPPCAU priorizou a participação discente ao dar início à avaliação do curso.

#### METODOLOGIA

#### Construção do instrumento de avaliação

Utilizou-se como instrumento de avaliação dos docentes pelos discentes um questionário com questões fechadas e objetivas. O formato desse questionário resultou de uma atualização do modelo anteriormente adotado pelo curso, cuidando-se apenas da supressão de algumas questões, inclusão de outras e revisão geral da redação. Entretanto, foram mantidas as mesmas variáveis antes adotadas para a avaliação docente: atitudes e procedimentos, capacitação e didática e auto-avaliação da aprendizagem discente, as quais, para efeito de análise, foram relacionadas a blocos de indicadores.

O bloco de atitudes e procedimentos é constituído pelos seguintes indicadores: empenho, assiduidade, pontualidade, atendimento ao aluno em sala de aula e atendimento ao aluno fora da sala de aula. Os indicadores apresentação do plano de curso, cumprimento do plano de curso, clareza na exposição dos conteúdos, conhecimento atualizado da matéria, domínio da matéria, nível de exigência, divulgação das formas de avaliação e divulgação das notas com regularidade, constituem o bloco capacitação e diática e, finalmente, o bloco auto-avaliação discente, é constituído por um só indicador: aproveitamento pessoal na disciplina.

O maior número de indicadores no bloco *capacitação e didática* justifica-se pela importância que se deu ao processo ensino-aprendizagem no contexto da avaliação.

Dos 14 quesitos (*indicadores*) relacionados, aos onze primeiros o aluno deveria atribuir apenas um conceito: Bom, Regular ou Mau. Nestes, considerando-se uma escala de satisfação de 0 a 10, o conceito BOM expressa o intervalo de 7,0 a 10,0, o REGULAR de 5,0 a 6,9 e o conceito MAU o intervalo dos valores menores do que 5,0.

Às três questões restantes, o aluno deveria atribuir respostas positivas (SIM) – em caso de ocorrência do evento enfocado e negativas (NÃO), em caso contrário.

### Aplicação do instrumento de avaliação

O período letivo escolhido para início do processo de avaliação foi o 2000.2 – segundo período da implantação do Projeto Político-Pedagógico. Dessa maneira, procurou-se evitar que o impacto decorrente de uma extensa e recente mudança curricular se refletisse sobre a avaliação a ser realizada, comprometendo os seus resultados.

A coordenação do Curso de Arquitetura e Urbanismo, responsável pela aplicação do questionário, decidiu que o momento ideal para fazê-lo seria por ocasião da matrícula do período letivo 2001.1.

As orientações necessárias ao preenchimento do questionário foram, então, passadas aos alunos simultaneamente àquelas específicas da matrícula, garantindo-se, assim, a efetiva participação do corpo discente no processo de avaliação. Cada aluno, de posse do questionário, deveria preenchê-lo relacionando as disciplinas cursadas com aprovação no período anterior e seus respectivos docentes, atribuindo-lhes os conceitos. Para a preservação da identidade dos alunos avaliadores, recomendava-se expressamente que não assinassem o formulário

Encerrados esses procedimentos, de um total de 255 alunos matriculados no período letivo 00.2, 164 responderam o questionário, o que corresponde a 64,3% do universo pesquisado, constituindo-se, portanto, uma amostra significativa.

#### Processamento dos dados

Tendo em vista o grande número de formulários e o tipo do tratamento que se pretendia dar aos dados, optou-se pela utilização do programa "Excel", da Microsoft, criando-se uma série de rotinas com finalidades específicas de aquisição, validação, tabulação e análise das informações coletadas.

A estratégia adotada pela programação foi a de referenciar todos os procedimentos a uma lista de professores do curso e a uma lista de disciplinas oferecidas no período de estudo, de modo que a partir destas fosse possível construir, rapidamente e sem necessidade de digitações posteriores, o quadro de distribuição de disciplinas por professor, cujas informações, em conjunto com as oriundas dos formulários, fossem utilizadas para a geração automática dos relatórios de desempenho individuais e globais.

Com essa estrutura, a alimentação dos dados é feita através de uma interface gráfica bastante simples, mostrada na Figura 1, oferecendo-se ao operador apenas a tarefa de assinalar as opções adequadas, dentre as que lhe são apresentadas.

AVALIA	ÇÃO	DOS	Prof	ESSO	RES 1	PELO	SALV	NOS		PEI	tione	00.	.2		
CAU NEERIR DADOS		Engelito	Accelarate	Perhasiones	Cumprimente do plana de curso	Caretaine exposição dos concetos	Conhecimento alueizado da matória	Dominio da metfetis	Attendmento instributal em sala de gua	Alendmento monitusi tora de sala de sala	Mivel de engência	Aprecedumento personal dos almoss	Apresentação do Piero no mico de purso	Espera, dan formas de avail no inten de curso	Civilgação das
	*	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	08	Cs	$\Gamma$

Figura 1. Recepção de dados

Com isso, agiliza-se a execução do trabalho e evitam-se erros de digitação, avaliações incompletas e eventuais conflitos da informação relacionada professor/disciplina, em benefício da confiabilidade dos resultados.

Os relatórios produzidos, todos em valores porcentuais e atualizados imediatamente após a inserção de cada um dos dados, são de três tipos: desempenho geral do professor, desempenho médio do professor e desempenho global dos professores do curso.

O relatório de *desempenho geral do professor*, mostrado na Figura 2, relaciona os conceitos recebidos pelo professor em cada uma das disciplinas por ele ministradas (uma, duas ou três) e os respectivos números de alunos que o avaliaram.

	D80	RIN	11			080	RIN	12	07-07-00		080	RIN	13		
Nonecobadessa:	bom (%)	regil (%)	rum (%)	sim (%)	não (%)	bom (%)	(%)	rum (%)	sim (%)	não (%)	bom (%)	(%)	rum (%)	sim (%)	rão (%)
Eigeric	769	231				923	7,7				80,0	13,3	67		
Artife	100,0					100,0					933	67			
Potaliki	100,0					962	38				467	467	67		
Compriencipinoleus	100,0					962	38				867	67	67		
Christophiadustrido	769	231				88,5	11,5				533	400	67		
Cohemetotaliatolandái	846	154				100,0					800	133	67		
Domácic demeté à	692	30,8				100,0					733	267	- 1		
Aerine to irilai alen sakobala	692	30,8				88,5	11,5				933		67		
Amiretoirikilaliseksakkal	61,5	30/8	7,7	la r		61,5	30,8	7,7			800	67	133	-	
Mekbajêri	846	154				846	154				667	200	133		
Apoelaretopesaldealro	61,5	385				73,1	269				60,0	400			
Apentajboly koministrans				923	7,7				846	154	1/2			983	67
Bossisfrasieaelroitiodous				100,0					846	154				733	267
Dizilgijolardanın eylikildi				100,0					962	38		2772		80,0	200
	N	inerodi	eduros	1	В	И	inecd	eaturos	2	6	N	neod	eduros	1	5

Figura 2. Desempenho geral do professor

O relatório de *desempenho médio do professor*, mostrado na Figura 3, relaciona as médias ponderadas dos conceitos por ele recebidos nas várias disciplinas, usando-se como fatores de ponderação os respectivos números de alunos avaliadores em cada uma delas.

Finalmente, o relatório de desempenho global dos professores do curso, mostrado na Figura 4, relaciona as médias ponderadas dos conceitos recebidos pelos

professores, em cada um dos indicadores, usando-se como fatores de ponderação os respectivos totais de alunos que os avaliaram.

		ESEM	PENHO	) MÉDI	0
NOME DO PROFESSOR	bom (%)	regul. (%)	ruim (%)	sim (%)	não (%)
Em penho	85,2	12,9	1,9		
Assiduidade	98,1	1,9			
Pontualidade	83,3	14,8	1,9		
Cum prin ento do plano de curso	94,4	3,7	1,9		
Clareza na exposição dos conteúdos	75,9	22,2	1,9		
Conhecin ento atualizado da m atéria	90,7	7,4	1,9		
Dom ínio dam atéria	85,2	14,8			
Atendin ento individualem sala de aula	85,1	13,0	1,9		
Atendin ento individual fora da sala de aula	66,7	24,0	9,3		
Nívelde exigência	79,6	16,7	3,7		
Aproveitam ento pessoaldos alunos	66,7	33,3			
Apresentação de plano no inírio do curso				88,9	11,1
Expos.das form as de aval.no início do curso				85,2	14,8
Divulgação das notas com regularidade				92,6	7,4

Figura 3. Desempenho médio do professor

DESEMPENHO GLOBAL DOS F	PROF	ESSC	RES		
Indicadores	bom (%)	regul. (%)	ruim (%)	sim (%)	não (%)
Em penho	64,8	26,9	8,3		
Assiduidade	68,8	23,1	8,0		
Pontualidade	64,7	24,6	7,9		
Cum pain ento do plano de curso	63,2	29,8	9,7		
Clareza na exposição dos conteúdos	48,3	33,5	17,1		
Conhecim ento atualizado da matéria	78,8	18,0	5,1		
Dom ínio da m atéria	76,6	19,0	4,3		
Atendin ento individualem sala de aula	61,5	28,3	9,7		
Atendin ento individual fora da sala de au la	47,0	32,8	19,1		
Núvelde exigência	64,0	28,7	7,1		
Aproveitam ento pessoaldos alunos	50,5	35,3	13,9		
Apresentação de plano no início do curso				80,4	19,6
Exposição das form as de aval, no infeio do curso				81,1	18,9
Divulgação das notas com regularidade				65,5	34,5

Figura 4. Desempenho global dos professores

Com a adoção da média ponderada, permitiu-se sintetizar o conjunto de informações, preservando-se a predominância das opiniões da maioria.

# INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Considerando que a avaliação dos docentes do CAU aconteceu em um contexto, como já referido, em que a preocupação com a qualidade dos cursos transcende aos órgãos governamentais e passa a ser exigida pela sociedade em geral, cumpre referir-se aos princípios orientadores da avaliação, nesse nível de ensino, definidos pela Pró-Reitoria de Graduação - PRG no documento "A avaliação da graduação na UFPB":

 A avaliação da graduação deve ser entendida como uma tarefa institucional, de caráter permanente e global, não punitiva nem premiativa, mas constituir-se em uma importante ação para o planejamento da gestão universitária;

- 2. A avaliação da graduação deve ter como meta elevar a qualidade desse nível de ensino, operando com indicadores quantitativos e qualitativos que compreendem ações de autoavaliação e de avaliação externa;
- A avaliação deve ter legitimidade, adesão voluntária, participação de todos os agentes da vida universitária e acontecer de forma descentralizada, contribuindo para a formação de uma cultura de avaliação;
- 4. Os Projetos Pedagógicos dos Cursos constituir-se-ão referência básica e permanente do processo de avaliação institucional, no âmbito da graduação.

Nessa perspectiva, pretende-se que a análise dos dados, que se faz a seguir, sirva à reflexão pessoal dos docentes do curso e, simultaneamente, como instrumento de planejamento para o CAU e para o DA.

Para efeitos práticos desse entendimento, foram entregues a cada docente avaliado, de forma individualizada e reservada, os resultados de sua avaliação. Para os gestores das instâncias acadêmicas envolvidas (coordenação do curso e departamentos), foram encaminhados todos os relatórios gerados, resaltando-se-lhes o caráter de valioso instrumento de apoio à implementação de ações voltadas para a elevação da qualidade do curso.

É importante observar que, embora a maioria dos professores avaliados sejam lotados no Departamento de Arquitetura, também foram avaliados professores de outros departamentos que oferecem disciplinas ao CAU: Engenharia de Produção, Tecnologia da Construção Civil, Artes e Ciências Sociais.

Estabelecidos esses balizamentos, a análise dos dados tabulados foi desenvolvida centrando-se o interesse no quadro de desempenho global do curso, mostrado na Figura 4. Para isso, adotou-se uma escala de satisfação porcentual, com intervalos de conceito semelhante à utilizada nos questionários. Ou seja, considerou-se "BOM" os resultados de 70,0% a 100,0%, "REGULAR" os resultados de 50,0% a 69,9% e "RUIM" os resultados de 0,0% a 49,9%.

### Atitudes e Procedimentos

Observando-se isoladamente cada um dos indicadores desse bloco de variáveis, percebe-se que, à exceção do indicador *atendimento individual fora da sala de aula* – que obteve o percentual mais baixo de toda a avaliação (47,0%) – todos os demais, embora alcançando valores acima de 60,0%, não atingem a faixa de valores "BOM".

Considerando-se que os indicadores desse grupo ajudam a definir o perfil do docente do curso relativamente ao seu comportamento pedagógico e ao seu compromisso com o ensino e com a própria instituição, o baixo porcentual com que se expressa o indicador atendimento individual fora da sala de aula, destaca-se negativamente dos demais, particularmente quando se observa que os professores avaliados, em sua maioria, são contratados em regime de dedicação exclusiva.

Esse resultado, indicando enfaticamente que o atendimento aos alunos fora da sala de aula deixa a desejar,

pode suscitar as mais variadas hipóteses, acrescentadas à real e reconhecida deficiência de ambientes adequados à realização dessa atividade. Todavia, não se pode esquecer que todos os docentes, por ocasião de seus planejamentos didáticos, atribuem-se carga horária específica para essa atividade.

Com relação aos indicadores empenho, assiduidade, pontualidade e atendimento individual em sala de aula, é razoável supor, numa primeira aproximação, que o desempenho apenas "regular" dos docentes está sendo provocado por uma possível falta de motivação. Porém, há que se averiguar posteriormente uma outra hipótese, igualmente plausível, de que, em conjunto com a falta de estímulo pessoal, pode estar ocorrendo a ausência de efetivo acompanhamento da atividade docente, em sala de aula, por parte dos dirigentes.

### Capacitação e didática

Neste bloco ocorreram as melhores avaliações, alcançando o intervalo BOM os indicadores *domínio da matéria e conhecimento atualizado*.

Explica-se essa ocorrência pelo esforço de qualificação do corpo docente que vem sendo realizado no DA e, de resto, em todos os departamentos da UFPB.

Entretanto, esses bons resultados ficam comprometidos pelo segundo pior desempenho dos docentes – apenas 48,3% – no indicador *clareza na exposição dos conteúdos*.

Confrontando-se o resultado deste indicador com os obtidos pelos anteriores, cabe a suposição de que essa deficiência de comunicação identificada pela maioria dos alunos pode se dever a fatores de ordem pessoal tais como falta de empatia ou de sintonia de interesses.

Entretanto, o que se supõe como de maior influência na baixa pontuação desse indicador é a falta de formação específica para o exercício da docência. Como é de conhecimento geral, o corpo de professores do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, como aliás se verifica largamente em outros cursos superiores assemelhados, é constituído, em sua grande maioria, de bacharéis e não de pedagogos ou licenciados. Esse mal resultado, portanto, antes de ser encarado com alarme ou pessimismo, deve ser tomado como a reafirmação de que investir na qualificação didática dos professores é um dos grandes desafios lançados ao corpo docente pela nova ordem pedagógica.

#### Auto-avaliação

A análise desta variável não pode ser feita independentemente das realizadas nas outras duas, na medida em que todos os indicadores nela relacionados, em seus amplos aspectos, convergem para esta.

Assim, ao verificar-se que apenas metade dos alunos (50,5%) considera que apreendeu os conteúdos ensinados nas disciplinas, infere-se como causas possíveis que os professores não estavam empenhados em ensinar, e/ou tinham dificuldades de expressão, e/ou chegavam atrasados às aulas e/ou faltavam muito. É legítimo também supor que os alunos, de forma geral, não se auto-avaliam positivamente, ou porque

estudam pouco ou porque faltam freqüentemente às aulas. Talvez seja mais sensato, porém, supor que as duas hipóteses estejam acontecendo.

Todavia, uma vez que a maioria desses alunos são aprovados por média – o que lhes confere uma média final de, no mínimo, sete, vale ainda questionar se os professores estão sendo muito benevolentes em suas avaliações ou se os alunos estão sendo muito rigorosos consigo mesmos.

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os destaques principais a serem feitos nesta primeira avaliação, pós PPP, dos docentes pelos discentes do CAU são o seu pioneirismo, a abordagem metodológica e a facilidade de aquisição e tratamento dos dados proporcionados por um programa desenvolvido especialmente para esse fim.

Há que se registrar, também, a notável disposição da coordenação do curso e da comissão de implantação e acompanhamento do PPP/CAU em materializar as ações preconizadas nesse projeto, antecipando-se, inclusive, às avaliações externas realizadas pelo MEC.

Contudo, deve-se atentar para a necessidade da continuidade e do aperfeiçoamento desse processo avaliativo, para que se possa, na superação das deficiências detectadas, consolidá-lo como um instrumento de permanente elevação da qualidade do CAU.

É de extrema importância, portanto, que essa avaliação seja sistematicamente assumida pela coordenação do curso, com a parceria dos departamentos e "como uma tarefa institucional, de caráter permanente e global, não punitiva nem premiativa, devendo, ainda, constituir-se em uma importante ação para o planejamento da gestão universitária".

Recomenda-se, por fim, que a coordenação do CAU implemente ações que visem a disseminação de uma cultura de avaliação, de modo que alunos e professores assumam essa prática como um instrumento de apoio indispensável à tarefa de construir um curso com a boa qualidade que todos deseiam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOWICK, Mere. Avaliando a avaliação da aprendizagem — um novo olhar. São Paulo: Lúmen. 1995. 198p.

ABRAMOWICK, Mere.Um reflexo fiel da escola. *Nova escola*, São Paulo: n.147, p.23-35. nov.2001.

ALVES, Rubem. A escola com que sempre sonhei sem imaginar que pudesse existir. Campinas: Papirus, 2001.120p.

CUNHA, Maria Isabel. Formatos avaliativos e a construção da docência: implicações políticas e pedagógicas. *Avaliação: Revista da Rede de Avaliação Institucional da Educação Superior,* Campinas: v.6, n.2, p.07-15. jun.2001.

HOLTZ, Norberto, TUTIKIAN, Jane, LEITE, Denise. Avaliação e compromisso. Construção e prática da avaliação institucional em uma universidade pública. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRG. 2000.225p.

# DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



### Maria Elba Dantas de Moura Pereira

Engenheira Civil (1977) e Mestre em Ciências da Informação (1997) pela UFPB. Professora Adjunta do Departamento de Arquitetura do Centro de Tecnologia da UFPB. Foi Assessora de Graduação (1992- 1993) e de Extensão (1982 – 1985) do Centro de

Tecnologia e Chefe do Departamento de Arquitetura (1886 – 1990). Atualmente é assessora da Pró-Reitoria de Graduação da UFPB. Principais áreas de atuação: ensino de graduação e gestão universitária. Tema de interesse atual: qualidade de ensino, com enfoque em avaliação.



#### João Crisóstomo de Morais

Engenheiro Civil (1975) pela Universidade Federal do Ceará; Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (1999) pela Universidade Federal da Paraíba. Professor adjunto do Departamento de Arquitetura do Centro de Tecnologia da UFPB. Principais áreas de

atuação: ensino da graduação e consultoria. Temas de interesse atual: qualidade de ensino, com enfoque em avaliação, e acústica ambiental, com enfoque no edifício.

# UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE AUTOTRANSFORMADORES PARA ESTUDANTES DA ÁREA DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

Carlos A. Castro<sup>1</sup> & Carlos A.F. Murari<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Neste artigo é proposta uma metodologia de ensino de autotransformadores direcionada para estudantes da área de sistemas de potência. São apresentadas uma abordagem original para introduzir o assunto e uma série de informações importantes que em geral não aparecem na maioria dos livros didáticos. Em particular, enfatizase a conexão entre os aspectos teóricos e práticos com os quais o engenheiro deve estar familiarizado. Ensaios simples em laboratório também são propostos com o objetivo de validar as informações teóricas apresentadas.

Palavras-chave: autotransformador, regulador de tensão, educação, sistemas de potência

#### ABSTRACT

A lecture on autotransformers intended specifically for power engineering students is proposed in this paper. An original approach to introducing the equipment is shown, and some important information that sometimes do not appear in most textbooks are clearly provided and discussed. In particular, a strong connection between the theoretical aspects and the engineer's everyday practice is emphasized. Simple laboratory experiments are also proposed in order to validate the theoretical information.

Key-words: autotransformer, voltage regulator, education, power systems

# INTRODUÇÃO

Vários livros didáticos clássicos contêm uma seção ou um capítulo sobre os autotransformadores, como, por exemplo, em (FITZGERALD, 1990), (GRAINGER, 1994), (GLOVER, 1989), (BERGEN, 2000), (ZORBAS, 1989), (KOSOW, 1972), (SLEMON, 1966), (McPHERSON, 1990), (SIMONE, 1998) e (SEN, 1997), pois eles são equipamentos muito importantes, sendo utilizados como reguladores de tensão (ZORBAS, 1989), como fontes de tensão c.a. variáveis (ZORBAS, 1989; McPHERSON, 1990) (em que uma tensão de entrada fixa é transformada em uma tensão de saída variável), e para conectar dois sistemas de transmissão com tensões nominais diferentes, como por exemplo 345/500kV (GRAINGER, 1994), entre outras aplicações. No entanto, a abordagem utilizada para apresentar este equipamento aos estudantes é muito simples na maioria dos livros. A idéia deste artigo é propor uma nova abordagem para o ensino do autotransformador, de forma a fornecer informações aos estudantes que sejam ao mesmo tempo mais completas e mais próximas da realidade que os mesmos encontrarão na prática da profissão.

Neste trabalho são apresentados os princípios básicos de funcionamento do autotransformador e uma discussão sobre aspectos práticos da utilização do equipamento, incluíndo comentários sobre o seu desempenho. E, para complementar e validar a teoria apresentada, são propostos alguns ensaios em laboratório.

### PRINCÍPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMENTO DO AUTOTRANSFORMADOR

Considere que uma carga seja alimentada por uma fonte de tensão através de um transformador ideal, conforme mostra a Figura 1. As seguintes relações são válidas:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad e \quad \left| S_n \right| = V_1 I_1 = V_2 I_2.$$

 $V_1$  e  $V_2$  são as magnitudes dos fasores de tensão  $V_1$  e  $V_2$  respectivamente.  $I_1$  e  $I_2$  são as magnitudes dos fasores de

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor associado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, DSEE/FEEC/UNICAMP. CP 6101, CEP 13081-970, Campinas, SP. Fone: (19) 3788-3732. E-mail: ccastro@ieee.org

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Professor associado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, DSEE/FEEC/UNICAMP. CP 6101, CEP 13081-970, Campinas, SP. Fone: (19) 3788-3733. E-mail: murari@dsee.fee.unicamp.br

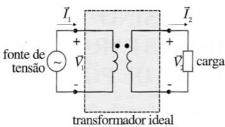


Figura 1. Transformador ideal

corrente  $I_1$  e  $I_2$  respectivamente.  $N_1$  e  $N_2$  são as quantidades de espiras dos enrolamentos, e a é a relação de transformação.  $|S_2|$  é a potência aparente nominal do transformador.

Os enrolamentos do transformador podem também ser interconectados, formando um *autotransformador*, como mostra a Figura 2. Deve-se notar que a conexão entre os enrolamentos primário (lado da fonte de tensão) e secundário (lado da carga) é aditiva, ou seja, suas tensões se somam. É também possível conectar os enrolamentos de forma subtrativa, ou seja, as tensões dos enrolamentos têm polaridades opostas. Deve-se notar também que as tensões e correntes em ambos os enrolamentos são as mesmas que no caso do transformador da Figura 1.

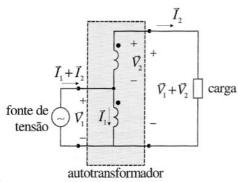


Figura 2. Autotransformador ideal

A potência aparente no enrolamento primário é dada por

$$|S_p| = V_1 |\vec{I}_1 + \vec{I}_2| = V_1 |\vec{I}_1 + a\vec{I}_1| = (1+a)V_1I_1$$
  
=  $(1+a)S_p$ .

sendo a > 0, a potência de entrada do autotransformador é maior que a do transformador. Ressalta-se aqui que os mesmos enrolamentos são usados tanto para o transformador como para o autotransformador. A potência aparente no enrolamento secundário é

$$\begin{aligned} |S_s| &= |\vec{V}_1 + \vec{V}_2|I_2 = |a\vec{V}_2 + \vec{V}_2|I_2 = (1+a)V_2I_2 \\ &= (1+a)S_n|, \end{aligned}$$

sendo igual a  $|S_p|$  no caso de um autotransformador ideal. Deve-se notar que a parcela  $|S_p|$  é transferida do enrolamento

primário para o secundário através do fluxo magnético mútuo enquanto que a parcela (alS<sub>p</sub>l) é transferida diretamente da fonte de tensão para a carga através da conexão elétrica existente entre os enrolamentos. A primeira parcela é normalmente chamada de *potência transformada* e a segunda de *potência conduzida*.

As tensões e correntes nos enrolamentos do autotransformador são as mesmas que as do transformador. Em conseqüência, as perdas de potência no núcleo e no cobre são as mesmas. Como uma maior potência pode ser entregue à carga utilizando o mesmo equipamento, conclui-se que o rendimento do autotransformador é maior que o do transformador.

Para uma tensão  $V_1$  aplicada no enrolamento primário do autotransformador, a tensão no enrolamento secundário será  $(V_1 + V_2)$ . Para uma mesma carga nas Figuras 1 e 2, a fim de que se tenha tensão nominal aplicada à carga no secundário, uma tensão  $V_1$  menor deverá ser aplicada ao enrolamento primário do autotransformador. Neste caso, o fluxo magnético no núcleo, e conseqüentemente as perdas de potência no núcleo, serão menores que as do transformador.

### OBSERVAÇÕES SOBRE APLICAÇÕES PRÁTICAS DE AUTOTRANSFORMADORES

A análise feita na seção anterior, embora correta do ponto de vista teórico, pode levar a confusões no que diz respeito às aplicações práticas de autotransformadores. A idéia de que um transformador convencional pode ser conectado como um autotransformador e um ganho em termos de rendimento é obtido, nem sempre é aplicável na prática. Algumas situações que um engenheiro de potência pode enfrentar na sua prática diária são discutidas com detalhe nesta seção. Aspectos importantes relacionados com a operação e desempenho dos autotransformadores são explorados.

**Problema:** uma carga com tensão nominal 110V e potência aparente nominal  $|S_n|$  deve ser alimentada por uma fonte de tensão fixa de 220V. Esta é uma situação típica encontrada em ambientes industriais.

Situação 1: dispõe-se de um transformador de 220/110V, IS<sub>n</sub>I.

**Discussão:** neste caso a carga pode ser conectada à fonte de tensão através de um transformador ou de um autotransformador, conforme mostra a Figura 3.

A primeira questão a ser discutida com relação aos dois esquemas mostrados na Figura 3 refere-se à necessidade da carga estar eletricamente isolada da fonte de tensão. Se este é o caso, somente o esquema da Figura 3(a) se aplica. Caso contrário, o esquema da Figura 3(b) também pode ser usado. No entanto, não haverá ganho de rendimento caso o autotransformador seja escolhido, já que a conexão do tipo subtrativo deve ser usada para haver compatibilidade entre as tensões da fonte e da carga.

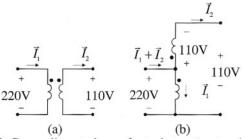


Figura 3. Carga alimentada por fonte de tensão através de (a) um transformador ou de (b) um autotransformador

A potência aparente no enrolamento primário é igual a

$$|\mathbf{S}_{p}| = 220 \cdot |\vec{\mathbf{I}}_{1} + \vec{\mathbf{I}}_{2}| = 220 \cdot |-\vec{\mathbf{I}}_{2}/2 + \vec{\mathbf{I}}_{2}|$$
  
= 110 \cdot \mathbf{I}\_{2} = |\mathbf{S}\_{p}|,

que é igual à potência aparente do transformador. Não somente o rendimento mas também a regulação de tensão é igual à do transformador. A conexão dos enrolamentos como autotransformador neste caso particular, não resulta em vantagens sob qualquer aspecto.

Finalmente, para outras relações de tensão entre a carga e a fonte, a conexão como autotransformador pode simplesmente ser impossível.

Situação 2: o transformador ou autotransformador mais apropriado pode ser especificado e comprado.

**Discussão:** novamente, a primeira questão a ser discutida refere-se ao isolamento elétrico entre a carga e a fonte. Se o isolamento elétrico é fundamental, a única conexão possível é aquela da Figura 3(a). Caso contrário, um autotransformador pode ser utilizado. Sua correta especificação pode resultar em ganhos de rendimento.

Considerar o autotransformador mostrado na Figura 4(a). Ele corresponde a tomar somente o enrolamento primário (220V) do transformador da Figura 3(a). O enrolamento secundário (110V) não é necessário. Esta é uma vantagem, já que este autotransformador requer menos material que aquele da Figura 3. A tensão aplicada sobre a carga é obtida através de um *tap* colocado na metade do enrolamento primário. Obviamente, a potência aparente nominal do autotransformador é igual a  $|S_p| = V_1 I_1 = V_2 I_2$ .

O autotransformador da Figura 4(a) pode ser visto como mostrado na Figura 4(b), ou seja, formado por dois enrolamentos idênticos conectados de forma aditiva. As potências aparentes nos enrolamentos são

$$|S_1| = |\vec{V}_1 - \vec{V}_2| \cdot I_1$$
 e  $|S_2| = V_2 \cdot |\vec{I}_2 - \vec{I}_1|$ 

Como  $V_1 = 2V_2 e I_2 = 2I_1 tem-se$ 

$$|S_1| = |S_2| = |S_n|/2.$$

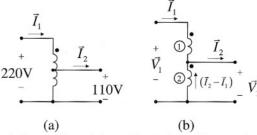


Figura 4. Carga alimentada por fonte de tensão através de um autotransformador

A potência aparente de um enrolamento determina suas características de projeto. Economia de material (condutores e material ferromagnético do núcleo) resulta em um equipamento com menor custo. Além disso, um autotransformador usado como mostrado na situação 2 apresenta menores dimensões, sendo mais leve que um transformador de mesma potência nominal (BERGEN, 2000).

Como conclusão da discussão precedente, a melhor forma de justificar a utilização de um autotransformador em substituição a um transformador é que para uma mesma carga e uma mesma fonte de tensão, o autotransformador é menor, mais leve, mais barato e mais eficiente que um transformador de mesma capacidade (potência aparente). Este é o ponto principal levantado neste artigo, já que a maioria dos livros didáticos mostram exemplos numéricos em que um transformador é conectado como um autotransformador e a tensão da fonte ou a tensão da carga têm seus valores alterados, o que representa uma situação irreal do ponto de vista prático. A abordagem proposta neste artigo é semelhante àquela mostrada em (WESTINGHOUSE ELECTRIC CO., 1964). No entanto, este artigo difere de (WESTINGHOUSE ELECTRIC CO., 1964) no sentido de que aqui é feita uma análise do problema de forma mais detalhada, mais direcionada especificamente a alunos, incluindo ensaios em laboratório visando validar as discussões.

### REGULADORES DE TENSÃO

Uma das aplicações mais importantes do autotransformador é como regulador de tensão. Este equipamento é usado para controlar a magnitude de tensão em um ponto predeterminado de um sistema elétrico de potência, como, por exemplo, um barramento de carga ou de uma subestação. Um regulador de tensão é um autotransformador com relação de transformação próxima de 1,0. Várias posições de tap no enrolamento permitem que a relação de transformação varie em torno de 1,0, por exemplo  $\pm 10\%$  em passos de  $\pm 1\%$ .

A característica principal do regulador de tensão é que as perdas de potência ativa no enrolamento (perdas-cobre) aumentam conforme a relação de transformação se afasta de um. Considerar o regulador de tensão mostrado na Figura 5. Ele tem três posições de *tap* (0,+1 e -1). A posição 0 corresponde à posição nominal, para a qual a relação de transformação é igual a um. O regulador de tensão mostrado na Figura 5 é conectado na forma de um regulador *abaixador*,

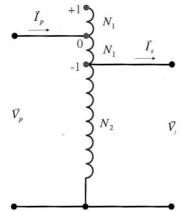


Figura 5. Regulador de tensão

já que a posição do tap é tal que  $V_s < V_p$ . A relação de transformação é:

$$a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_1 + N_2}{N_2} > 1.$$

Considerando que o enrolamento tem uma resistência igual a r, as perdas-cobre P, são dadas por

$$P_{\ell} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} r I_1^2 + \frac{N_2}{N_1 + N_2} r I_2^2.$$

 $I_1$  e  $I_2$  são respectivamente as magnitudes das correntes nas partes superior e inferior do enrolamento. O primeiro termo do lado direito da equação (1) corresponde às perdas de potência na parte superior do enrolamento. Similarmente, o segundo termo corresponde às perdas de potência na parte inferior do enrolamento. Considerando que  $I_1 = I_p$  e  $I_2 = I_s - I_p$ , depois de alguma manipulação chega-se a

$$P_{\ell} = (a-1)rI_{p}^{2}.$$

De acordo com a equação (2) não ocorrem perdas-cobre quando a posição do tap é a nominal (a = 1). Na realidade, neste caso circula pelo enrolamento a corrente de excitação e perdas-cobre de fato existem. No entanto, para a maioria dos reguladores de tensão utilizados em aplicações envolvendo altas tensões e altas potências, a corrente de excitação é normalmente desprezada, já que é muito menor que a corrente nominal (da ordem de 5%). Conforme a posição do tap afastase da posição nominal, as perdas-cobre aumentam. A mesma conclusão vale para o regulador de tensão do tipo  $elevador \ (V_s > V_p)$ .

# ENSAIOS EM LABORATÓRIO

Nesta seção uma série de ensaios em laboratório são propostos a fim de validar a maioria das discussões

apresentadas neste artigo. Os experimentos incluem a obtenção de circuitos equivalentes e avaliação de desempenho de transformadores e autotransformadores.

### Os equipamentos

Foram utilizados nos ensaios:

- uma fonte de tensão variável (Variac) para fornecer uma tensão de saída ajustada em 220V;
  - uma carga resistiva variável de 110V;
- um transformador de 1kVA com quatro bobinas de 110V em cada perna, como mostrado na Figura 6. As bobinas podem ser conectadas convenientemente dependendo das tensões necessárias nos lados primário e secundário;
  - voltímetros, amperímetros, wattímetros.

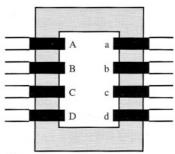


Figura 6. Transformador ensaiado

### As conexões

Quatro diferentes conexões foram usadas para alimentar a carga de 110V com a fonte de tensão de 220V. A Figura 7 mostra estas conexões, que serão chamadas de *modelos* de agora em diante.

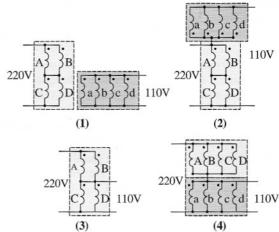


Figura 7. (1) Transformador; (2) autotransformador subtrativo; (3) autotransformador aditivo usando somente uma perna do núcleo; (4) autotransformador aditivo usando duas pernas do núcleo

O modelo 1 corresponde ao transformador convencional. O modelo 2 é o autotransformador com conexão subtrativa. Os modelos 3 e 4 correspondem a autotransformadores com conexão aditiva. No modelo 3 somente uma perna do núcleo do transformador e suas respectivas bobinas são usadas. No modelo 4 ambas as pernas e todas as bobinas são usadas.

### Circuitos equivalentes

O circuito equivalente tanto do transformador como do autotransformador é mostrado na Figura 8 (FITZGERALD, 1990).

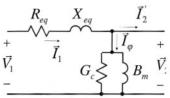


Figura 8. Circuito equivalente de um transformador ou autotransformador

Os parâmetros *shunt* G<sub>c</sub> e B<sub>m</sub> representam as perdas no núcleo (perdas ferro) e a magnetização, respectivamente, e são determinados pelo teste de circuito aberto. Esses parâmetros são não-lineares, devido às características dos materiais ferromagnéticos que compõem os núcleos. Os parâmetros série R<sub>eq</sub> e X<sub>eq</sub> representam as perdas-cobre e a dispersão de fluxo respectivamente, e são determinados pelo teste de curto-circuito. Os procedimentos para a realização dos testes de circuito aberto e de curto-circuito, assim como as equações para a determinação dos parâmetros são os seguintes (FITZGERALD, 1990):

- Teste de circuito aberto
- a. Manter um enrolamento em aberto;
- b. Aplicar tensão nominal (V) no outro enrolamento;
- c. Medir a corrente (I<sub>oc</sub>) e a potência (P<sub>oc</sub>);
- d. Calcular:

$$Y_{oc} = I_{oc} / V_n$$

$$G_c = P_{oc} / V_n^2$$

$$B_m = \sqrt{Y_{oc}^2 - G_c^2}$$

- Teste de curto-circuito
- a. Manter um enrolamento em curto-circuito;
- b. Aplicar corrente nominal (I<sub>n</sub>) no outro enrolamento;
- c. Medir a tensão (V<sub>sc</sub>) e a potência (P<sub>sc</sub>);
- d. Calcular:

$$\begin{split} Z_{sc} &= V_{sc} / I_n \\ R_{eq} &= P_{sc} / I_n^2 \\ X_{eq} &= \sqrt{Z_{sc}^2 - R_{eq}^2} \end{split}$$

Do ponto de vista teórico a escolha dos enrolamentos para a realização dos testes não é importante. Na prática aplicase tensão nominal no enrolamento de baixa tensão, mantendo o enrolamento de alta tensão em aberto no teste de circuito aberto. Com relação ao teste de curto-circuito, aplica-se corrente nominal no enrolamento de alta tensão, mantendo o enrolamento de baixa tensão curto-circuitado. Essa escolha permite que os menores valores de tensões e correntes sejam medidos.

A Figura 9 mostra os parâmetros *shunt* obtidos para os quatro modelos. Nota-se que esses parâmetros são praticamente os mesmos para todos os modelos. Parâmetros *shunt* menores e, portanto, correntes de excitação menores podem ser obtidas caso um autotransformador seja projetado especificamente para a aplicação mostrada neste artigo, já que um núcleo de menores dimensões pode ser usado.

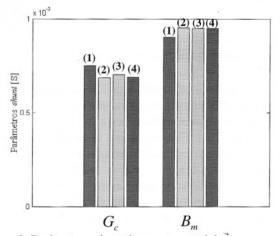


Figura 9. Parâmetros shunt dos quatro modelos

A Figura 10 mostra os parâmetros série obtidos para os quatro modelos.

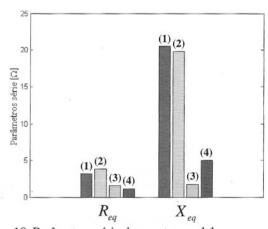


Figura 10. Parâmetros série dos quatro modelos

Neste caso grandes variações podem ser observadas nos valores da resistência e reatância série. Os autotransformadores aditivos (modelos 3 e 4) apresentam os menores parâmetros. Em particular, a reatância de dispersão do modelo 3 é muito pequena, já que os enrolamentos primário e secundário estão na mesma perna do núcleo e a dispersão de fluxo magnético é pequena. Deve-se notar que neste caso medidas de proteção

adicionais devem ser tomadas, já que parâmetros série pequenos resultam em correntes maiores durante situações de curto-circuito.

### Avaliação de desempenho

Uma avaliação de desempenho foi realizada para os quatro modelos através da análise das curvas de rendimento e de regulação. O circuito utilizado para a realização dos testes é mostrado na Figura 11.



Figura 11. Circuito utilizado nos testes

Uma fonte de tensão alternada de 220V alimenta uma carga resistiva de 110V através de um transformador (modelo 1) ou de um autotransformador (modelos 2, 3 e 4).

As Figuras 12 e 13 mostram que os autotransformadores aditivos apresentam rendimentos maiores e fornecem melhores regulações de tensão que o transformador e o autotransformador subtrativo, como era esperado. Com relação ao rendimento, deve-se lembrar que o rendimento cai em caso de sobrecarga. Esta observação é válida tanto para o transformador quanto para o autotransformador.

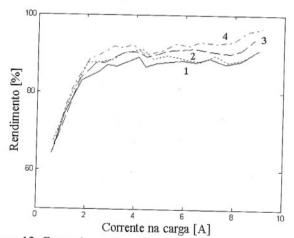


Figura 12. Curva de rendimento versus corrente na carga

# Validação dos circuitos equivalentes

Os parâmetros do circuito equivalente foram validados utilizando-os para calcular a tensão na carga em função da corrente de carga. A Figura 14 mostra uma comparação entre valores calculados e medidos para os modelos 1 e 3. Nota-se que os valores calculados seguem de perto os valores medidos para ambos os modelos.

Finalmente, deve-se observar que todos os comentários e conclusões apresentadas são também válidas para o caso de transformadores e autotransformadores trifásicos.

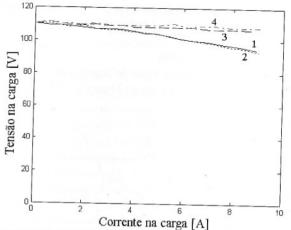


Figura 13. Curva de tensão na carga versus corrente na carga

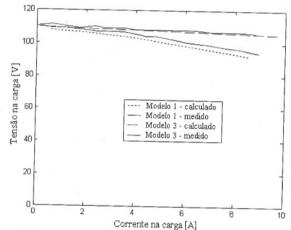


Figura 14. Validação dos circuitos equivalentes

### CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada uma abordagem mais rica e completa para o ensino dos princípios de funcionamento dos autotransformadores e suas aplicações na área de sistemas de potência. Esta abordagem permite que os estudantes tenham informações mais completas e realistas a respeito do equipamento. Além disso, é feita uma forte conexão entre os aspectos teóricos e a prática diária. Uma série de experimentos de laboratório foi proposta como um complemento das informações teóricas apresentadas.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGEN, A.R.; VITTAL, V. Power systems analysis. 2nd Edition, Prentice Hall, 2000.

FITZGERALD, A.E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S.D. Electric machinery. 5th Edition, McGraw-Hill, 1990.

GLOVER, J.D.; SARMA, M. Power system analysis and design. PWS-KENT, 1989.

GRAINGER, J.J.; STEVENSON, W.D. Power system analysis. McGraw-Hill, 1994.

KOSOW, I.L. Máquinas elétricas e transformadores. 5a. Edição, Globo, 1972.

McPHERSON, G.; LARAMORE, R.D. An introduction to electrical machines and transformers. 2nd. Edition, J. Wiley, 1990.

SEN, P.C. Principles of electric machines and power electronics. 2nd Edition, J. Wiley, 1997.

SIMONE, G.A. Transformadores – teoria e exercícios. Érica,

SLEMON, G.R. Magnetoelectric devices: transducers, transformers, and machines. J. Wiley, 1966.

WESTINGHOUSE ELECTRIC CO. Electrical Transmission and Distribution Reference Book. 4th Edition, 1964.

ZORBAS, D. Electric machines. West, 1989.

### DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



#### Carlos A. Castro

Engenheiro eletricista e mestre em engenharia elétrica pela UNICAMP, 1982 e 1985 respectivamente; Doctor of Philosophy pela Arizona State University, EUA, 1993. É professor da UNICAMP desde 1983, onde exerce atualmente a função de professor

associado. É membro do The Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) desde 1990, sendo atualmente Senior Member.



#### Carlos A.F. Murari

Engenheiro eletricista, mestre e doutor em engenharia elétrica pela UNICAMP, 1975, 1980 e 1986 respectivamente. É professor da UNICAMP desde 1976, onde exerce atualmente a função de professor associado. É membro do The Institute of Electrical and

Electronic Engineers (IEEE) desde 1990.



### REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA - ISSN 0101-5001

# 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-itálico, 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 ítens resumo e abstract.
- Saltar linha entre os títulos das seções e o texto ou entre subseções. Não saltar linhas entre os títulos das 1°, 2° ou 3° 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 relevantess 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.ufcg.edu.br.