



# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V. 4 - n.º 2 - 2.º semestre de 1985  
ISSN 0101 - 5001

N. Cham.

Autor

Título Revista de Ensino de Engenharia



v.4, n.2, jul. 1985 PUCPR - BC

00376876

# REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

V. 4 - n.º 2 - 2.º semestre de 1985  
ISSN 0101 - 5001



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO  
DE ENGENHARIA - ABENGE  
Rua Bento Freitas, 178 - 3.º andar - cj. 31.  
01220 - São Paulo - Brasil - Fone: (011) 222-0203

## Presidente

Prof. Ruy Carlos de Camargo Vieira

## 1.º Vice-Presidente

Prof. Paulo Alcântara Gomes

## 2.º Vice-Presidente

Prof. Francisco Luiz Danna

## Diretor Secretário

Prof. Marcius F. Giorgetti

## Diretor Financeiro

Prof. Enildo Baptista Barros

## Secretário Executivo

Prof. Roberto Atienza

## REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Edição semestral da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia com 4 seções: Forum ABENGE, Artigos, Comunicações e Cartas à Redação.

## Editor Responsável

Prof. Marcius F. Giorgetti

## Editor Adjunto

Prof. Roberto Atienza

## Editor de Produção

Ivanisa Tatini

## Fotocomposição / Arte

Traffic - Agência de Comunicação e Merchandising -  
Tel.: 241-1712

## Impressão

Gráfica e Editora FCA - São Bernardo do Campo  
Tel.: 419-0200

## Distribuição

Enviada a todos os associados da ABENGE. Os interessados poderão recebê-la através de assinatura ou número avulso.

## Preços

Assinatura anual Cr\$ 20.000

Exemplar avulso Cr\$ 10.000

## Correspondência

Prof. Marcius F. Giorgetti

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

13560 - São Carlos, SP - Brasil

Caixa Postal 359 - Fone: (0162) 71-2234

## CONTEÚDO / CONTENTS

NOTA EDITORIAL. EDITORIAL. ....	98
FORUM ABENGE - A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O PAPEL DA UNIVERSIDADE. TECHNOLOGICAL INNOVATION AND THE ROLE OF THE UNIVERSITY. ....	99
BENVENUTO, E. R. et alii. - EQUIPO DIDACTICO PARA EL ESTUDIO DE REACTORES TANQUES AGITADOS. LABORATORY EQUIPMENT TO STUDY STIRRED TANK REACTORS. ....	106
ANDRÉ, João Cyro. - O PROCESSO DE CROSS DERIVADO DO MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS. THE CROSS PROCESS DERIVED FROM THE DISPLACEMENT METHOD. .	110
CARRARO, Clovis C.; MAGRO, Francisco H. S. - TOPOGRAFIA DE MINAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO NO DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA/UFRGS. MINE SURVEYING: AN EXPERIENCE IN TEACHING AT THE DEPARTMENT OF GEODESY/UFRGS. ....	116
FERNANDES, João Candido. - RUÍDO AMBIENTAL: UM PROBLEMA URGENTE PARA A NOSSA ENGENHARIA. ENVIRONMENTAL NOISE: AN URGING PROBLEM FOR ENGINEERING. ....	119
GOMIDE, H. A. e FERNÁNDEZ, y F. E. - CURSO DE SILIMITUDE EM ENGENHARIA. A COURSE OF SIMILITUDE IN ENGINEERING. ....	125
EICK, Nilo Clemente et alii. - SISTEMA DE PROJEÇÃO ESTEREOSCÓPICA COM LUZ POLARIZADA. STEREOSCOPIC PROJECTION SYSTEM WITH POLARIZED LIGHT. ....	133
ALMEIDA, Maria Cristina V. de. PET - UMA EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM E TREINAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL. AN EXPERIMENT IN TEACHING AND TRAINING IN CIVIL ENGINEERING. ....	135
ARAÚJO, Nelcy D. de; SZEREMETA, Júlio Felipe. - UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE CÁLCULO NUMÉRICO NA UFSC. AN EXPERIENCE ON TEACHING NUMERICAL CALCULUS IN UFSC. ....	138
WITTER, Carla. - ASPECTOS DO ENSINO DA METALURGIA NA USP E UFRGS: PERCEPÇÃO DE DOCENTES. ASPECTS OF THE TEACHING OF METALURGY AT USP AND UFRGS: TEACHER'S PERCEPTIONS. ....	140
SOUZA, Jorge de Mello e; CORRÊA, Carlos José. - DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM A CRIATIVIDADE, E DE COMO ACOLHÊ-LA NO ENSINO DE ENGENHARIA. OF THE MAIN FACTORS INFLUENCING CRIATIVITY AND HOW TO WELCOME IT IN ENGINEERING TEACHING. ....	151
GOMES, Denise M. Cavalcante. - O ENSINO DE ENGENHARIA DURANTE O ESTADO NOVO: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA LEGISLAÇÃO. THE TEACHING OF ENGINEERING DURING THE "ESTADO NOVO" IN BRASIL: AN ANALYSIS OF THE LEGISLATION. ....	157
RESUMO DE TESES. THESIS RESUME. ....	163

## NOTA EDITORIAL

Há cerca de quatro anos a Assembléia Geral da ABENGE procedeu à eleição da Nova Diretoria, que deveria nos dois anos subseqüentes manter-se à frente das atividades executivas de nossa Associação. Passados esses dois anos foi a mesma Diretoria reconduzida para um novo mandato, que agora se finda.

Neste Editorial desejamos olhar retrospectivamente para esses quatro anos, tentando resumir a experiência vivida pela Diretoria no desempenho da missão que por duas vezes lhe foi confiada pela Assembléia.

Inicialmente merece destaque a perfeita harmonia e integração de toda a Diretoria. O propósito comum de fortalecer a ABENGE e de aprimorar o ensino de Engenharia, cimentou as amizades recíprocas e estabeleceu laços de mútua compreensão e confiança. A residência do Diretor-Tesoureiro em São Paulo, do Primeiro Vice-Presidente no Rio de Janeiro, e do Segundo Vice-Presidente em Brasília, propiciou um esquema de atuação interna e externa que se mostrou deveras eficaz.

A divisão de responsabilidades permitiu multiplicar a eficiência da equipe como um todo, como exemplifica muito bem a condução do encargo da edição da Revista de Ensino de Engenharia assumida pelo Diretor-Secretário. E a participação sempre ativa do Secretário-Executivo, com o apoio das zelozas funcionárias da Secretaria, pôde completar esse quadro de integração harmônica que caracterizou a atuação da Diretoria durante esses quatro anos. Desta forma, no fim deste segundo mandato, é com certa tristeza que nos despedimos uns dos outros, esperando entretanto manter estes vínculos de amizade e estreitar a colaboração que pessoalmente cada um continuará a dar para o engrandecimento de nossa Associação, independentemente de pertencer ou não à sua Diretoria.

À guisa de prestação de contas àqueles que depositaram em nós sua confiança e nos deram seu apoio para desempenharmos nossa missão, apresentamos de forma resumida, a seguir, algumas realizações que puderam ser concretizadas em busca dos objetivos da ABENGE.

Tornou-se possível no decorrer desses anos a consolidação do Conselho Técnico da ABENGE, com a participação de cerca de trinta membros de várias regiões do País, e cobrindo as várias áreas da Engenharia. A atuação dos membros desse Conselho fez-se sentir na coordenação das várias sessões e painéis dos COBENGES realizados desde 1982, na interação com outras entidades afins (como o COPMAT) e órgãos governamentais (como SESu, CAPES e CNPq), e também mediante a realização de estudos específicos de interesse para o desenvolvimento do ensino de Engenharia (análise do decréscimo da demanda por vagas nos vestibulares de Engenharia, análises e recomendações feitas com relação a pedidos de auxílio a serem encaminhados ao CNPq através do PNDCE). Em particular, resultou da atuação específica do Conselho Técnico da ABENGE a elaboração do PNDCE (Programa Nacional de Desenvolvimento Científico da Engenharia), que pôde desenvolver-se no âmbito do CNPq e de outras agências congêneres. Foi também com o apoio dos membros do Conselho Técnico que a ABENGE realizou importante pesquisa destinada a fornecer subsídios ao CONFEA sobre os Perfis Profissionais do Engenheiro.

O Conselho Técnico da ABENGE também teve papel importante nos contactos que foram mantidos com o Ministério da Educação e que levaram à reativação da Comissão de Especialistas de Ensino de Engenharia junto à SESu. Todos os membros indicados para a Comissão pertencem ao nosso Conselho, passando-se assim a um efetivo canal de comunicação com o MEC. Uma importante publicação sobre Laboratório de Química para os cursos de Engenharia, coordenada por um dos membros do Conselho Técnico da ABENGE, pertence à Comissão de Especialistas, foi patrocinada pela SESu, tendo já sido distribuída a todas as Escolas de Engenharia.

Conseguiu-se nesses quatro anos, dar nova roupagem à Revista de Ensino de Engenharia, mantendo-se uma periodicidade e elevando seu padrão editorial de forma a torná-la hoje um veículo de bom nível para a divulgação de trabalhos referentes ao ensino de Engenharia. A receptividade que a Revista vem encontrando bem demonstrou ter

ela preenchido uma lacuna que, sem dúvida, existia anteriormente. E de se destacar o constante auxílio recebido do CNPq para sua publicação, e mais recentemente também da FAPESP.

Apesar de alguns percalços, conseguiu-se também publicar com razoável periodicidade os Informativos ABENGE, boletins de divulgação que passaram a se tornar veículos de grande interesse para o intercâmbio de informações úteis a todas as instituições e docentes de Engenharia. Contou-se com a colaboração especial, nos últimos dois anos, de Escolas de Engenharia que passaram a patrocinar sua impressão, o que se tornou imprescindível em face dos elevados custos. Em contrapartida passou o Informativo a apresentar um encarte com notícias referentes às Escolas patrocinadoras, colaborando desta forma para incentivar o conhecimento mútuo e o intercâmbio entre as várias instituições de ensino de Engenharia.

Dignas de nota foram também as iniciativas mais recentes da ABENGE de realizar cursos de aperfeiçoamento para docentes de Engenharia. Foi organizado um curso piloto sobre uso de microcomputadores no ensino de Engenharia, realizado recentemente com apoio financeiro da CAPES, e de cuja experiência poderão surgir novas propostas para a disseminação dessa importante ferramenta de trabalho aos docentes de Engenharia em todo o País. Deverá também ser realizado, na última semana do mandato da atual Diretoria, um curso para docentes na área de Eletrotermia, contando com o apoio financeiro do CEPEL.

De forma especial deveria ser também destacada a instalação e o desenvolvimento das atividades de várias Delegacias Regionais da ABENGE em regiões onde houve manifestação de interesse e oferecimento de colaboração para a sua implantação. Foram instaladas assim, as Delegacias Regionais do Rio de Janeiro, do Rio Grande do Sul, do Nordeste (com sede em Recife) e de Santa Catarina. Numerosas atividades foram desenvolvidas por todas essas Delegacias, das quais mais recentemente sobressaem os Simpósios Regionais preparatórios para o COBENGE-85. Seminários outros foram também realizados pelas Regionais, debatendo temas de grande importância para o aprimoramento do Ensino de Engenharia, abordando por exemplo matérias básicas (Matemática, Física e Química), Desenho, Fenômenos de Transporte, e problemática do estágio, a integração da Escola com a sociedade, etc.

No decorrer desses dois mandatos a Diretoria também se empenhou com afinco para propiciar a publicação e a divulgação de documentos de interesse para os docentes e as instituições de ensino de Engenharia. Um bom número de publicações pôde assim ser trazido a lume, em particular com a colaboração de Escolas de Engenharia que proporcionaram sua impressão de forma gratuita. Além de tais publicações, outras foram distribuídas pela Associação, recebidas do CNPq, da FAPESP, da ABNT e de outras entidades. Procurou-se também atender da melhor forma possível a solicitação de cópias de artigos apresentados nos COBENGES.

A organização dos COBENGES de forma sistemática constituiu também outra conquista da atual Diretoria, no que pesem as reais dificuldades sempre encontradas para a sua realização. A programação apresentada aos participantes, e os anais publicados posteriormente, espelham a evolução desses Congressos anuais da ABENGE. Nesses últimos anos as dificuldades para se conseguir auxílio para transporte e diárias para os participantes têm-se agravado, o que talvez tenha contribuído para manter praticamente constante a frequência aos COBENGES. Não obstante, as entidades que apoiam tais eventos têm sempre atendido nossas solicitações de auxílio para a realização dos COBENGES, embora de forma parcimoniosa, o que tem contribuído para possibilitar pelo menos a presença dos expositores e autores de artigos selecionados para apresentação pessoal.

Pretende-se distribuir este número da Revista de Ensino de Engenharia no decorrer da realização do COBENGE/85, no qual está inserida a realização da Assembléia da ABENGE que deverá eleger a nova Diretoria para o biênio 1985/1987. Julga a atual Diretoria da ABENGE ser esta uma ocasião oportuna para apresentar neste Editorial o resumo de suas atividades, e expressar seus agradecimentos àqueles que nela depositaram sua confiança, esperando ter-se desempenhado à altura da missão que lhe foi confiada.

São Paulo, agosto de 1985

A DIRETORIA

## Forum ABENGE

### A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O PAPEL DA UNIVERSIDADE

Forum ABENGE: A inovação tecnológica e o papel da Universidade. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 99-105, 2.º sem. 1985.

O problema do papel da Universidade quanto à geração da inovação tecnológica no Brasil é discutido, ressaltando-se seu apoio para o desenvolvimento de empresas de alta tecnologia.

Inovação. Inovação tecnológica. Integração universidade-empresa.

Forum ABENGE: Technological innovation and the role of the University. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 99-105, 2nd. sem. 1985.

The problem relative to the role of the University on the generation of technological innovation in Brazil is discussed, with emphasis on its support for the development of industries for high technology.

Inovation. Technological innovation. Integration university-industry.

## APRESENTAÇÃO

A sessão Forum deste número da Revista de Ensino de Engenharia tem como tema um assunto de extrema atualidade e que se relaciona diretamente com o ensino de Engenharia: "A Inovação Tecnológica e o Papel da Universidade".

A idéia deste tema teve sua origem no Seminário de Ensino de Engenharia organizado pelo Núcleo da ABENGE no Rio Grande do Sul, nos dias 27 e 28 de maio de 1985. Como texto básico adotou-se a conferência proferida pelo Professor Arno Muller, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, naquele Seminário e também no Encontro sobre o Uso do Aço na Construção Civil, em Porto Alegre.

Foi solicitada a participação de várias pessoas, como o Prof. Arno Blass, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Prof. Edemar Antonini, do Núcleo de Inovação Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, Prof. Ismael Bortoluzzi, da Fundação Educacional do Sul de Santa Catarina — Tubarão, Prof. Saul D'Ávila, da Universidade Estadual de Campinas, Prof.ª Ligia Maria Moretto Eberle, do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Caxias do Sul, Luiz Alberto Rosenstengel, do Núcleo de Inovação Tecnológica da CIENTEC — RS, e Dr. Gentil José de Lucena Filho, Coordenador de Ciências de Engenharia do CNPq.

No entanto, dada a exiguidade do prazo necessário para preparar a publicação desta Revista, nem todas as respostas chegaram a tempo, de modo que somente são apresentadas algumas delas. Porém, dada a relevância do assunto e o objetivo deste Forum, que é o de levantar as questões e iniciar um debate que deve se tornar o mais amplo possível, seguem aqui publicadas a íntegra da conferência do Prof. Arno Muller e algumas das contribuições que chegaram em tempo hábil.

A coordenação geral deste Forum ABENGE foi realizada pela Professora Ligia M. M. Eberle, do CCET da Universidade de Caxias do Sul. A ela e aos demais colaboradores, o Comitê Editorial da Revista de Engenharia apresenta seus agradecimentos.

### A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O PAPEL DA UNIVERSIDADE — texto básico

Arno Muller  
Centro Tecnológico da  
Universidade Federal de Santa Catarina

A Inovação Tecnológica na forma como é praticada modernamente, deixou de ser uma atividade individual e isolada para tornar-se um esforço sistêmico desenvolvido por 3 forças vivas principais: GOVERNO, SETOR PRODUTIVO E UNIVERSIDADE.

Segundo a teoria econômica clássica do mercado de concorrência perfeita, o sistema é constituído por empresas tão pequenas, que qualquer decisão individual de diminuir ou aumentar a produção ou preços, não afeta em absoluto o resto do mercado. De repente surge uma inovação: uma das empresas consegue introduzir um novo produto ou um novo processo que permita baixar os custos de fabricação. Como o sistema é grande, esta atitude não se faz sentir imediatamente no mercado e a empresa inovadora vai acumulando lucros, pois vende ao preço de mercado, feito da composição dos custos de todas as empresas do sistema, que estão operando com custos mais altos, por não possuir ainda a inovação mencionada. E estes lucros, se investidos na economia, vão permitir a expansão da empresa inovadora. Quanto mais tempo ela permanecer em situação vantajosa em relação às concorrentes, tanto mais ela se expande e se apropria de parcelas crescentes do mercado. Se esta situação continuasse indefinidamente, a empresa eliminaria todos os seus concorrentes. Entretanto, isso normalmente não acontece, pois as demais, sentindo-se ameaçadas, passam a usar de todos os meios (cópia, compra de patentes, pagamento de royalties, imitação, etc.) para se atualizarem tecnologicamente. Esta fase pode durar 2, 3, ou 5 anos, mas acaba estabelecendo-se um equilíbrio no mercado fruto desta difusão de conhecimentos e se atinge novamente a concorrência perfeita.

Caso isso não ocorra, aquelas que não conseguiram dar o salto de produtividade, saem do mercado, indo buscar outras alternativas que gerem lucros mais seguros.

Este processo sendo perfeito diariamente, leva o sistema a uma concentração de capital, que traz como conseqüência a centralização e o aparecimento de firmas de porte bem maior que as demais e com maior dinamismo e espírito inovador, com maior poder financeiro, e que podem sustentar constantemente as suas pesquisas e desenvolvimentos, mantendo e inclusive aumentando sua diferença e lucros em relação aos concorrentes.

Estas empresas aumentaram seu poder de tal forma que os mercados nacionais não são suficientes e iniciam suas operações em escala global, onde seguem aplicando os mesmos métodos ou outros mais complexos envolvendo governos e indústrias de vários países, sempre visando aumentar a acumulação de capital por meio da inovação tecnológica.

Seria interessante analisar como puderam estas empresas reunir as forças necessárias para se beneficiarem da inovação tecnológica.

Nas sociedades primitivas o Estado incipiente utilizava seus cérebros que ainda não se haviam agrupados em Universidades, com a finalidade única militar, pois o mercado "civil" para a Ciência e a Tecnologia apareceu somente após a Revolução Industrial.

Durante a Idade Média, a Ciência se refugiava nos Mecenas, enfrentando os riscos dos preconceitos religiosos obscurantistas e as primeiras Universidades nasceram sob a égide da Teologia e Filosofia. Até o século XVII, o cientista não tem papel especializado na sociedade embora se inicie uma valorização crescente da Ciência na Europa Norte, influenciada pelo Protestantismo.

O século XVII, se caracterizou pelas descobertas da Física e Astronomia e o século XVIII, pelos descobrimentos no campo da Química e Ciência Naturais. Entre ambos, surgiram as primeiras cátedras nestes ramos, os Museus, Jardins Botânicos e Laboratórios Científicos. Inicia-se a profissionalização da Ciência. A Revolução Francesa subordina a Universidade ao Estado, e na Alemanha, cria-se a Universidade de Berlim, introduzindo o sistema de INSTITUTOS, que implantou a Pesquisa como um trabalho complementar ao Ensino e rompeu com as aulas "magistrais" estabelecendo os "seminários".

Os resultados não se fizeram esperar, levando a Alemanha a se transformar numa potência militar e econômica de primeira ordem na Europa, superioridade esta explicada pela excelência da Ciência e Tecnologia prussianas do século XIX.

Os primeiros laboratórios de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), nasceram na Europa em fins do século XIX (Siemens, Krupp e Zeiss).

Nos EUA, Edison montava seu laboratório em 1879 e, em 1917, as firmas GE, Westinghouse, Dupont, Kodak e Esso já possuíam seus laboratórios.

Em 1810 nascia na Alemanha o primeiro laboratório de Standardização e Normalização Industrial e, em 1873, nascia o TUV, órgão privado criado para supervisão e controle de caldeiras industriais.

O US Bureau of Standards nasceu em 1901 e o National Research Council em 1916, seguindo o exemplo do Department of Scientific and Industrial Research da Inglaterra.

Estava formada, de uma forma definitiva, a aliança entre a Universidade, Governo e Setor Produtivo.

#### A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E A VITALIDADE DO SISTEMA CAPITALISTA

Na década de 20, Kondontiev, tentou estabelecer pela primeira vez uma correlação entre a ocor-

rência de ciclos de crescimento acelerado de capitalismo (40/50 anos), seguidos de estagnação e depressão, percebendo haver uma relação entre eles e a ocorrência de inovações tecnológicas.

Schumpeter foi mais além, observando não uma correlação, mas uma relação causa-efeito sobre as descobertas de novas tecnologias e o comportamento da economia capitalista.

Entramos, portanto, numa era em que a inovação tecnológica se transformou numa arma contra os concorrentes e todos tratam de buscá-la.

Os governos, preocupados com este fato, procuram motivar os setores (Universidades e Empresas), a fim de acumular o maior número delas, estabelecendo a supremacia militar. A corrida armamentista, ou a Guerra Fria, representam o mesmo aspecto desta motivação: os governos necessitam que os cidadãos de seus países aceitem desviar grandes somas de seus orçamentos para serem aplicados em Ciência e Tecnologia que tem como primeiro cliente as Forças Militares. Para manter aceso este espírito na população, os governos convertem-se em "vendedores de proteção", contra perigos externos, muitas vezes inexistentes ou mantidos artificialmente críticos.

Esgrimem-se cálculos aterradores da guerra nuclear para assustar os Congressos e as Nações, obrigando-os a gastar verbas cada vez mais astronômicas em P&D de armamentos.

O orçamento para P&D nos EUA neste ano, ultrapassou a barreira dos U\$ 100 bilhões, correspondendo 50% para a indústria e 46,8% para o Governo (3,2% outros), o qual se comparado com o de 1974 (pouco mais de 30 bilhões), mostra um aumento de mais de 3 vezes em 1 ano.

Portanto, o sistema econômico mundial se alcerça hoje sobre duas premissas: aumento de produtividade, poderio militar e padrão de vida, do primeiro mundo, fruto da Inovação Tecnológica e diminuição das tensões entre os Estados do I Mundo, mediante a utilização do III Mundo com sumidouro da sucata tecnológica, gerada pela obsolescência planificada de seus parques industriais.

#### PERSPECTIVAS PARA O SÉCULO XXI

Já está em pleno andamento a corrida para o ano 2.000. As soluções até agora adotadas de deixar que as três forças vivas se interrelacionem naturalmente parece não ser mais o suficiente. Estão sendo adotados "super-centros de saber, ciência e conhecimento", agrupando milhares de cientistas numa só localidade. Os soviéticos foram os primeiros em fundar uma cidade acadêmica — AKADEMGORODOK, na Sibéria, onde vivem milhares de

cientistas, o Japão já investiu mais de U\$4 bilhões desde 1963 na construção de Tsukuba, cidade da Ciência, a 60 km ao norte de Tóquio, que deverá reunir 11 mil cientistas japoneses, em 45 institutos, além da construção de 14 cidades acadêmicas que serão espalhadas pelo país até 1990.

#### FIRMAS DE ALTA TECNOLOGIA

Nas duas últimas décadas, assistimos o aparecimento das Firmas de Alta Tecnologia (High Tech). Suas características são:

- Microempresas, que nasceram nos laboratórios das Universidades, lideradas por professores e pesquisadores que se transferiram para as proximidades do local onde nasceram, formando um cordão tecnológico ao redor das Universidades e Institutos de Pesquisa. Dedicam-se a fazer produtos sofisticados, empregando tecnologias recém desenvolvidas nos laboratórios, não tendo uma maturação desejável para as grandes empresas que muitas vezes acabam ficando à margem do desenvolvimento. Eis alguns exemplos:

*Nos EUA:* O High Tech Belt na Route 128 em Massachussets, junto ao M. I. T.; o Silicon Valley, junto às Universidades da Califórnia.

*Na Inglaterra:* o Silicon Fen, junto à Universidade de Cambridge.

*Na Escócia:* o Silicon Glen (Glasgow e Edinburg).

*Na Alemanha:* nos Estados da Baviera e Suttgart.

*No Brasil:* no eixo São Paulo, Campinas, São Carlos, junto às Universidades; em Porto Alegre, o pólo de microeletrônica, junto à UFRGS.

Em Cambridge, nasceram uma média de três empresas por mês em 1984, juntando-se a um polo que gera U\$ 1 bilhão, empregando cerca de 13 mil empregados.

Na verdade essas empresas despertaram tanto interesse no mundo empresarial que foram criadas companhias de investimento dirigidas a apostar nelas, financiando o seu início (alto risco).

Somente em 1982, formaram-se no Japão seis novas companhias de investimento, lideradas por companhias de seguro. As primeiras que se criaram em 1972/74 tiveram a participação também de bancos.

As firmas de alta tecnologia estão tomando o lugar de grandes empresas em áreas de mercado de alto risco para lançar um produto moderno. A inovação é uma das partes do trabalho que contém intrinsecamente muitos riscos. Pode-se investir muito

num produto que após lançado no mercado tem vida muito curta. As grandes corporações por estarem num mercado estabelecido, não tem grande desejo de investir sem retorno imediato e por isso não financiam estas microempresas. Cogita-se em criar fundações mantidas por grandes firmas ou investidores particulares que não estão interessados em lucros imediatos, mas que queiram arriscar no futuro de firmas de alta tecnologia.

Apesar do risco que apresentam, as firmas de alta tecnologia são consideradas essenciais hoje na dinâmica da inovação tecnológica e quando acertam remuneram muito bem seus investidores.

Um bom exemplo disso, é o caso da firma Acorn na Inglaterra, que se iniciou com um capital de U\$500 em 1978 e que chegou a faturar U\$121 milhões em 1984, com um lucro líquido de U\$14 milhões.

### O PAPEL DA UNIVERSIDADE

Como vimos, desde a sua fundação até hoje, a Universidade tem sido chamada a participar no esforço da Inovação Tecnológica de forma ativa e decisiva.

Tem havido grandes discussões sobre o tipo de excelência que ela deveria cultivar: Ciência Pura ou Aplicada, Tecnologia. A separação artificial em básica e aplicada é fruto do racionalismo humano e uma simplificação das coisas. Na verdade elas são inseparáveis e interagem concomitantemente.

Entretanto, apesar do mundo imediatista em que vivemos hoje, nunca foi tão importante investir em conhecimentos básicos, em educação fundamental.

Em recente artigo, o Senhor Ministro Uemura, Presidente da Sumitomo Corp. do Japão, mostrava a sua preocupação pelo afã imediatista da indústria japonesa, em utilizar os conhecimentos gerados alheios para industrializá-los apressadamente sem desenvolver seus próprios conhecimentos.

Ele aponta o número de Prêmios Nobel japoneses e o déficit na balança tecnológica que tem o Japão como evidência disso: somente quatro Prêmios Nobel contra cento e vinte e oito dos EUA, sessenta e dois na Inglaterra, quarenta e nove da Alemanha e uma importação de tecnologia de U\$1,7 bilhões contra uma exportação de U\$535 milhões em 1981, enquanto nos EUA os valores são U\$135 milhões e U\$7 bilhões, respectivamente. Segundo Uemura, esta situação só pode ser revertida com amplos recursos aplicados em Ciência Básica.

Esta opinião é corroborada pelos planejadores norteamericanos que afirmam que o Japão ao entrar agora na fase de inovação própria e não mais da có-

pia e tendo atingido a fronteira da tecnologia, não poderá sustentar sua posição de vanguarda sem um urgente esforço de educação criativa e investimentos em P&D sem retorno imediato.

Numa análise feita pela revista Research and Development, da participação das forças vivas na produção e lançamento dos 100 produtos de alta tecnologia lançados nos EUA nos últimos anos, de 81 a 84, mostra o seguinte:

#### Origem dos produtos:

— Indústria	51	54
— Ag. Gov.	14	09
— Inst. Pq.	02	03
— Universidades	01	05
	100	100

	1984	1983	1982	1981
Tempo médio de desenvolvimento, meses	38	48	34	37
Investimento médio, pessoas-hora (mil)	21	50	19	23
Investimento máximo, pessoa-hora (mil)	250	1430	—	—
Investimento mínimo, pessoa-hora (mil)	400	200	—	—
Custo total do desenvolvimento, dos 100 produtos, milhões U\$	145	1125	83	134
Nº de produtos desenvolvidos com a ajuda do governo	40	39	36	38
Custo individual mais alto, milhões U\$	30	960	08	40
Custo individual mais baixo, milhões U\$	500	104	600	2103

Verifica-se daí, que nem a Universidade nem um Instituto de Pesquisa são lugares ideais para desenvolver um produto comercial.

### O PAPEL DA UNIVERSIDADE BRASILEIRA

Para haver inovação sistemática, é necessário em primeiro lugar que as três forças vivas a que nos referimos, existam.

A Universidade Brasileira não tem o mesmo horizonte das do I Mundo, pois entramos tardiamente no processo de industrialização numa época em que o processo de acumulação de capital já se havia internacionalizado, provocando profundos impactos na divisão internacional do trabalho e na configuração interna dos mercados, predominantemente oligopólios e olipsonicos. Como consequência, as empresas que deveriam ser os parceiros naturais junto

com o Governo, buscam resolver seus problemas mediante uma estratégia imitativa, defensiva de pagamento de royalties.

Em segundo lugar para haver a reunião das três forças vivas brasileiras, é preciso que elas participem na solução de problemas comuns; grandes catástrofes sociais, políticas e econômicas levaram em outros países a uma união natural das três forças. A recente crise que a economia brasileira está atravessando, serviu, em alguns casos, para realizar esta associação, buscando a sobrevivência conjunta das mesmas.

Pode-se dizer que o Brasil neste aspecto apresentou avanços consideráveis desde 1974 com a fundação da FINEP.

### CRISE NO BRASIL

As Universidades Brasileiras com a introdução dos cursos de Doutorado e Mestrado em Pós-Graduação começou a formar os quadros de pesquisadores que a indústria e o governo necessitam para levar adiante o esforço de inovação tecnológica.

A Universidade não pode se transformar em Departamentos de P&D das empresas. Não devem se satisfazer com o conhecimento de "know how" mas buscar o "know why".

No Brasil funcionam já há vários anos os N. I. T. (Núcleo de Inovação Tecnológica) que atuam junto às Universidades e Centros de Pesquisa tentando, sob auspício governamental, transferir a tecnologia ali gerada para o setor produtivo. Na UFRJ, o N. I. T. instalado deverá realizar este ano 150 projetos, no valor global de Cr\$ 2,5 bilhões. Por outro lado, a FEA (Faculdade de Economia da USP), adotando o modelo francês, criou um Clube de Criadores de Empresas (na França já existe 55 que deram origem a mais de 7 mil empresas).

A UNICAMP fatura, por meio de convênios, 25% do seu orçamento global em 1974.

Também é digno de nota, o fato de já existirem mais de 2.300 empresas nacionais fazendo P&D rotineiramente.

Se pensarmos que a Europa levou mil anos para formar seu sistema de P&D e os EUA 400 anos, poderíamos imaginar que o nosso país possa também atingir esta meta em espaço de tempo menor. Entretanto, não nos devemos deixar levar pela falsa perspectiva de que é necessário queimar etapas indiscriminadamente, pois estaríamos alimentando esperanças de que não necessitamos educar nosso povo para progredir.

Gostaríamos de lembrar a frase do Professor Zeferino Vaz, idealizador da UNICAMP. Perguntado sobre as prioridades que daria para se fazer uma

grande Universidade, respondeu: "Primeiro cérebros; segundo cérebros; terceiro cérebros, quarto biblioteca e laboratórios".

A UNICAMP aí está hoje para testemunhar a validade destes conceitos.

Creemos que este exemplo descreve bem o papel inequívoco da Universidade, que é fornecer o ambiente para a crítica e o pensamento livre com competência e seriedade.

### FONTES DE CONSULTA

- (1) Research and Development, oct., nov., dec. 1984.
- (2) Nippon Steel News, jun 1984.
- (3) Time Magazine, mar. 18, 1985.
- (4) Revista Stern, nov. 1984.
- (5) Revista da CEFÉ-RJ, Clésio Biasi.
- (6) Veja, 27/03 e 10/04/85.
- (7) Melman Seymour, "El capitalismo del Pentágono", Sigloveintiuno, 1970
- (8) Helgio Trindade, Discurso de Posse na PROPESP/UFRGS.
- (9) Revista RBT/CNPq, set/dez/83 e jan/fev/85.
- (10) C&T, fatores de desenvolvimento sócio econômico, administração do processo de inovação tecnológica, FEA/USP, ed. Atlas, LA. ED. 1980.
- (11) Uemura, M., "How to foster High Tech of Japão, Japan Com. and Ind., v. 25, n.1, 1984, 10-14.

### — CONTRIBUIÇÕES —

Ismael Pedro Bortoluzzi  
Centro Tecnológico  
Fundação Educacional do Sul de Santa Catarina

A conferência apresenta uma revisão global em termos de Inovação Tecnológica, de importância fundamental no desenvolvimento dos puxadores do progresso de uma nação, mas gostaria de acrescentar o que se refere à situação do Brasil. Os paradoxos sociais e políticos predominam sobre a razão. Consideramos, por exemplo, muito estranho que num país de tantas carências haja escassez de oportunidades para mão-de-obra especializada.

Ocorre que o desenvolvimento brasileiro se fez com a compra de pacotes prontos, de indústrias prontas e grandes, de processos tradicionais e acabados. Algumas consequências, foram:

- Uma demanda de mão-de-obra especializada, mas, não criativa;
- Uma Universidade que, acompanhando os demais níveis de ensino preocupa-se em treinar sem a necessidade de formar cientistas, pesquisadores e críticos. Nem sequer era justificável

- indicar oportunidades para ser empreendedor, para quem já tinha perspectiva de emprego;
- Uma sociedade com grande demanda de mão-de-obra qualificada para suprir empresas, despreocupando os indivíduos de serem eles mesmos empreendedores;
  - Os grandes espaços foram ocupados: Eletricidade, Comunicações, Automóveis, Armamentos, Abastecimento, etc., ou por empresas particulares ou órgãos públicos e nesse caminho pouco há a ser feito com rentabilidade em dinheiro ou em votos.

É incrivelmente triste que passem anos e governos, enquanto poucos se apercebem que a realidade mudou. As perspectivas continuam sendo: ou cria-se grandes opções com Inovação Tecnológica e provavelmente concentra-se, ainda mais, os benefícios da evolução técnica do país ou estagna-se à espera de dividendos para novas oportunidades. No entanto, há um grande espaço disponível no Brasil, para quem quiser ser empreendedor sem necessidade de Inovação Tecnológica, mas sim de adaptação tecnológica:

- Uso de resíduos que não interessam às grandes empresas por falta de significação comparado com o mercado principal.
- Abertura de novas linhas de produção para abastecimento de mercados menores.

Com isso poderiam ser diminuídos o número de itens e conseqüentemente o valor total de importação, bem como melhorias na qualidade de vida em função do número e nível de pessoas envolvidas. Certamente seriam também acrescidos itens de benefícios à sociedade que não são sequer imaginados no momento.

Luiz Alberto Rosenstengel  
Coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológica da Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul — CIENTEC

Os institutos de pesquisa e as universidades, e aqui trataremos como um caso único, vinham atuando à revelia das necessidades da comunidade. Desenvolviam tecnologias nem sempre interessantes ao setor produtivo. Tem-se falado, inclusive, em tecnologias de prateleiras, ou seja, aquelas que não conseguiram ser transferidas para o mercado.

Por sua vez o setor produtivo, em especial a pequena e média empresa, por tradição não consegue inovar, por motivos diversos, tais como falta de estrutura, medo do risco e algumas vezes até de desconhecimento da importância e vantagens que a inovação oferece.

Ciente dessa situação, e numa tentativa de alte-

rar este quadro, o governo criou os Núcleos de Inovação Tecnológica. Os NIT'S foram implantados em vários institutos de pesquisa e universidades e possuem como escopo o incremento da inovação no País, através da maior integração com setor produtivo.

Como toda modificação, e esta em especial pois é estrutural, demanda tempo e conscientização. Os NIT'S vem de modo constante e gradual executando as suas atividades de modo a atingir a sua finalidade.

O elenco de atividades do NIT/CIENTEC é: Extensão Industrial, Desenho Industrial, Propriedade Industrial, Cursos e Seminários e Apoio a Inventores. Estas atividades, como não poderia deixar de ser, atuam na variável tecnologia, nas fases que antecedem, precedem ou no próprio desenvolvimento de inovações. A extensão industrial visa identificar setores carentes de tecnologia e a partir daí, através de ações, fornecimento de dados, de informações, treinamentos e mesmo de transferência de tecnologia, auxiliar o setor no seu próprio desenvolvimento tecnológico. O desenho industrial é uma ferramenta de geração de inovação através do desenvolvimento de novos produtos. A propriedade industrial é um instrumento não só de proteção da inovação gerada, como também um perfeito sistema de obtenção de informações técnicas e estratégicas. A atividade de cursos e seminários visa levar capacitação às áreas carentes que a extensão industrial identificou. A atividade de apoio a inventores visa auxiliar pessoas físicas no desenvolvimento e privilégio de suas invenções.

Sendo assim, o governo aliado às universidades e institutos de pesquisa tenta a união efetiva com o setor produtivo visando o aceleração e o desenvolvimento tecnológico do País.

Coube ao governo a atitude inicial, mas este não pode e não deve agir paternalisticamente, a ação deve ser de orientação e apoio e não de execução. Como a inovação envolve risco, cabe, em última análise ao empresariado, a decisão final e o comprometimento com o programa traçado.

Prof.<sup>a</sup> Lígia Maria Moretto Eberle  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da  
Universidade de Caxias do Sul.

No momento histórico que o Brasil vive, em que se vislumbra a possibilidade de uma "Nova República", vejo como oportuno e necessário o debate deste tema. O povo brasileiro busca e anseia por melhores condições de vida, envolvendo desde a oferta de trabalho, até a satisfação de suas necessidades ele-

mentares — de sobrevivência e a realização de suas aspirações. A busca da melhoria deste conjunto de condições de vida para todos poderia ser chamada de "desenvolvimento".

A questão da inovação tecnológica e sua relação com o desenvolvimento de uma nação parece bem colocada na conferência do professor Arno Muller. Sua ação como força motriz do sistema capitalista é inegável. Os países altamente desenvolvidos, conscientes desta realidade, estão cada vez mais intensamente centrando seus esforços e capacidades intelectuais e econômicas no sentido de utilizar a tecnologia criada para obter um domínio ainda maior sobre as demais nações.

Desde a ótica da empresa do sistema capitalista, cujo fim maior é o lucro, é óbvio que o caminho da utilização de inovações tecnológicas para a obtenção de mais lucro é conveniente. No entanto, cabe aqui uma reflexão. Será que o que é melhor para algumas empresas é o melhor para o povo? Será que o crescimento industrial, concentrado em determinados setores, proporciona o desenvolvimento no sentido definido anteriormente?

Neste ponto devem interferir os outros dois componentes das forças vivas a que se refere o Professor Muller: o governo e a universidade. Cabe ao governo, que tem a função de dirigir e coordenar a vida do país, definir as linhas de ação e prioridades a serem seguidas, diretrizes estas traçadas a partir das necessidades e aspirações de todos.

E qual seria o papel da universidade neste contexto? A universidade deveria atuar, em primeiro lugar, como o cérebro da comunidade, buscando soluções e alternativas para seus problemas, preparando as pessoas para agirem de modo eficaz no seu meio. A eficácia destas pessoas deverá de manifestar através das lideranças que possam indicar os caminhos a serem seguidos e, principalmente, por possuírem sensibilidade que lhes permita identificar os problemas e necessidades do grupo, competência para estruturar suas soluções e eficiência e desempenho adequado para concretizá-las.

No entanto, a universidade brasileira está sendo ineficiente perante os graves problemas com que o país se defronta. Na área tecnológica, em particular, a maioria das instituições forma profissionais cuja função é manter em funcionamento unidades industriais existentes, cuja tecnologia é um pacote importado e, muitas vezes, obsoleto no país de origem. Sem que se preparem pessoas que possam

criar uma tecnologia adequada à nossa realidade e à nossa problemática, parece muito difícil que a crise que o país vive possa ser vencida.

Sem dúvida, a conclusão a que chegou o Japão quanto à necessidade de investir em formação básica, em promover uma educação criativa, em formar cientistas, pode ser aplicada à situação brasileira. É urgente que todo o sistema educacional do país se oriente para uma educação que estimule o desenvolvimento do potencial criativo, crítico e empreendedor do indivíduo e que desperte nele o espírito democrático, ou seja, o sentido da participação de cada um na vida de sua comunidade, do seu grupo. Este tipo de formação permitirá que se obtenha não somente o domínio técnico da tecnologia, desenvolvido através do simples treinamento, mas também o domínio científico, o qual possibilitará o surgimento de inovações tecnológicas que farão o desenvolvimento real do país.

Evidentemente, o investimento em educação somente proporciona retorno a médio e longo prazo, principalmente quando se trata de recuperar anos de formação perdidos e mal orientados. Esta não é uma opção fácil, particularmente em um sistema capitalista onde impera o imediatismo do lucro, porém os resultados deste investimento serão extremamente sólidos e significativos para a nação.

As mudanças que deveriam ocorrer na universidade demandam um longo tempo e até que se façam sentir os efeitos deste redirecionamento é necessário que se adotem soluções intermediárias e urgentes, tais como: investimento em pesquisa aplicada, uma formação profissional através de cursos mais adequados para atender a necessidades específicas, estruturação de currículos com programas e metodologias que permitam aos egressos um desempenho eficaz nas suas atividades. Tais soluções e todo o redirecionamento do sistema educacional só poderão ser adotados se houver uma integração real e efetiva entre universidade, governo e sistema produtivo, para que se definam objetivos, metas e estratégias comuns a serem adotadas. É preciso que a universidade, onde deverão estar concentrados os melhores cérebros da comunidade, dotados de maior sensibilidade e competência, seja chamada a colaborar e assessorar nas decisões políticas e técnicas de interesse nacional, que saia do seu isolamento como mera "instituição de ensino superior" para atuar, realmente, como uma das forças vivas propulsoras do efetivo desenvolvimento nacional.

## EQUIPO DIDACTICO PARA EL ESTUDIO DE REACTORES TANQUES AGITADOS

E. R. Benvenuto\*  
M. R. Sad\*  
C. R. Apesteguía\*

BENVENUTO, E. R. et alii. Equipo didactico para el estudio de reactores tanques agitados. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4 (2): 106-109, 2.º sem. 1985.

La operación de reactores químicos constituye un aspecto esencial en la enseñanza de la ingeniería química. En este trabajo se detalla el desarrollo de un equipo didáctico de laboratorio para el estudio de reactores tanques agitados. En una primera parte se analizan los conceptos de diseño y las características del equipo construido. Posteriormente, se dan los resultados obtenidos en la realización de trabajos experimentales relacionados con: a) Estudios en estado estacionario. Influencia de las variables operativas sobre la conversión; interpretación de datos cinéticos; b) Estudios en régimen transiente: Puesta en marcha y cambio del caudal de alimentación; c) Flujo no ideal. Desviaciones del modelo de mezcla perfecta.

Reactores químicos. Reactor tanque agitado. Diseño de reactores. Operación de reactores.

BENVENUTO, E. R. et alii. Laboratory equipment to study stirred tank reactors. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 106-109, 2nd. sem. 1985.

The operation of chemical reactors is an essential aspect of the chemical engineering teaching. In this work, a laboratory equipment to study stirred tank reactors is described. In a first part, the main characteristics of design and of the experimental system are analysed. Thereafter, the results obtained in the following experimental works are discussed: a) Studies in steady-state. Effect of the operation parameters on the conversion. Interpretation of kinetic data; b) Studies in transient. Startup and changes on the feed flow rates; c) Non ideal flow. Deviations of the perfect mixing model.

Chemical reactors. Stirred tank reactors. Reactor design. Reactor operation.

### INTRODUCCION

La operación de reactores químicos constituye un aspecto esencial en el entrenamiento de los estudiantes de ingeniería relacionada con los procesos químicos. El tanque agitado es uno de los tipos más importantes de reactor, dado que frecuentemente representa la parte principal en las plantas industriales de proceso. La construcción y utilización de un reactor tanque agitado de laboratorio para la enseñanza experimental permite, además del estudio específico de la influencia del cambio de variables operativas en el comportamiento del sistema, la aplicación por parte del estudiante de conceptos básicos en la ingeniería química, tales como cinética química, transferencia y balance de calor y materia, fluidodinámica, etc.

En este trabajo se detalla el desarrollo de un equipo didáctico de laboratorio para el estudio experimental de reactores tanques agitados. En una primera parte se analizan los conceptos de diseño y las características del equipo construido, en relación con los criterios de economía de funcionamiento,

simplicidad de manejo y versatilidad operativa. Posteriormente, se dan los resultados obtenidos en la implementación de los siguientes trabajos experimentales: a) estudio en estado estacionario: influencia de las variables operativa sobre la conversión; b) estudio en estado estacionario: interpretación de datos cinéticos; c) estudio en régimen transiente: puesta en marcha y cambio del caudal de alimentación; d) estudio de desviaciones del modelo ideal de flujo.

### PARTE EXPERIMENTAL

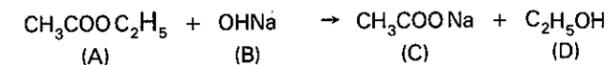
El diseño inicial del equipo a construir se efectuó teniendo en cuenta los siguientes aspectos: 1) Economía de reactivos: el tipo de reactor, los caudales normales de trabajo y el lapso de tiempo necesario para completar las experiencias determinan un consumo elevado de reactivos. En consecuencia, debe elegirse una reacción química que involucre la utilización de reactivos de bajo costo y de fácil adquisición en el mercado. 2) Bajo costo de inversión: el desarrollo de este equipo integra el Programa de Equipamientos Didácticos para Ingeniería Química y Afines que realiza el Centro de Tecnología Educativa Aplicada (CETEA). Un objetivo importante de este Programa es concretar la posterior extensión de los equipos desarrollados a otros centros de enseñan-

\* Cátedra de Ingeniería de la Reacción Química. Facultad de Ingeniería Química. Centro de Tecnología Educativa Aplicada (CETEA). Universidad Nacional del Litoral. Santa Fé (Argentina).

za, lo cual es facilitado cuando no se requiere erogación económica significativa. 3) Sencillez analítica y simplicidad de control: fundamentalmente la atención del estudiante debe estar dirigida al seguimiento del fenómeno en estudio. Por lo tanto, se trata de disminuir el consumo de tiempo en el manejo de las técnicas complementarias utilizadas. 4) Duración del trabajo práctico: se fijó 4 h como tiempo adecuado para la realización del trabajo práctico. En consecuencia, las experiencias a efectuar deben ser factibles de concretar en el límite de tiempo señalado.

Se decidió utilizar la hidrólisis alcalina del acetato de etilo, reacción química de cinética conocida y efecto térmico despreciable. Este último aspecto permite inicialmente la construcción de un reactor sin intercambio térmico.

La reacción:



ha sido ampliamente estudiada (1). Es prácticamente irreversible y responde a la expresión cinética  $r = k C_A C_B$ . Además, el método analítico para seguir su evolución es sencillo (detención de la reacción por agregado de exceso de HCl y titulación por retorno, o seguimiento continuo por conductimetría).

Considerando un volumen de reactor  $V = 2000 \text{ cm}^3$  y una concentración equimolecular de acetato de etilo e hidróxido de sodio ( $C_{A0} = C_{B0} = 0,01 \text{ gmol/lit}$ ), se pueden calcular los caudales y tiempos de residencias necesarios para alcanzar distintas conversiones en estado estacionario a varias temperaturas a partir de la ecuación de balance de masa  $F_{v0} = k C_{A0} V \frac{(1-x_A)^2}{x_A}$ , donde  $k \left( \frac{\text{lit}}{\text{mols}} \right) = 3.38 \cdot 10^7 \text{ exp. } (-5817/T)$ , de acuerdo a (1). Los valores obtenidos se dan en la Tabla 1.

TABLA 1  
Caudales y tiempos de residencia para alcanzar distintas conversiones

x <sub>A</sub>	TEMPERATURA							
	15		25		35		45	
	F <sub>v</sub> <sup>a</sup>	θ <sub>R</sub> <sup>b</sup>	F <sub>v</sub>	θ <sub>R</sub>	F <sub>v</sub>	θ <sub>R</sub>	F <sub>v</sub>	θ <sub>R</sub>
0,1	555,6	3,6	1094,2	1,8	2062,2	1,0	3734,8	0,5
0,2	219,5	9,1	432,3	4,6	814,7	2,5	1475,5	1,4
0,3	112,0	17,9	206,6	9,1	415,8	4,8	753,1	2,7
0,4	61,7	32,4	121,6	16,4	229,1	8,7	415,0	4,8
0,5	34,3	58,3	67,5	29,6	127,3	15,7	230,5	8,7
0,6	18,3	109,3	36,0	55,6	67,9	29,5	123,0	16,3
0,7	8,8	227,3	17,4	114,9	32,7	61,2	59,3	33,7
0,8	3,4	588,2	6,8	294,1	12,7	157,5	23,1	86,6
0,9	0,8	2500,2	1,5	1333,3	2,8	714,3	5,1	392,2

a: Caudales en cm<sup>3</sup>/min  
b: Tiempos de residencia en min.

Las zonas comprendidas por las líneas punteadas indican valores de los caudales donde la medida por medio de los rotámetros utilizados es imposible o poco confiable. Se observa que es factible trabajar en un rango amplio de conversiones, permitiendo así determinar con claridad el comportamiento del reactor ante cambios de tiempos de residencia y/o temperatura de operación.

Otro cálculo previo necesario está en relación con la extensión total fijada inicialmente para el trabajo práctico (4h). El tiempo para completar el trabajo experimental está dado por la suma de los tiempos de estabilización del sistema correspondientes al comportamiento del reactor en régimen transiente y a la cantidad de pares de valores conversión/tiempo de residencia necesarios para obtener la curva experimental. Para ello, se calcularon los tiempos de estabilización a partir del comienzo del llenado del reactor. Las ecuaciones de balance (1) y (2) correspondientes al llenado del reactor y a la estabilización a distintos caudales, fueron integradas por el método de Runge-Kutta de cuarto orden.

$$\text{Ecuación (1): } F_{A0} - k \frac{n_A n_B}{V(t)} = \frac{dn}{dt} \quad t = 0 \quad \begin{matrix} n_A = 0 \\ C_A = C_{A0} \\ C_B = C_{B0} \end{matrix}$$

$$\text{Ecuación (2): } F_{A0} - k C_A C_B V - F_{v0} C_A = V \frac{dC_A}{dt}$$

$$t = 0 \quad \begin{matrix} C_A = C_A^* \\ C_B = C_B^* \end{matrix}$$

donde:  
 $V(t) = F_{v0} t =$  volumen variable de llenado de reactor  
 $n_A, n_B =$  moles de A y B  
 $F_{A0} =$  caudal molar de alimentación de A  
 $C_A^*$  y  $C_B^* =$  concentración de A y B al completar el llenado del reactor o al alcanzar el estado estacionario luego de cambio de  $F_{v0}$ .

Se resumen a continuación en la Tabla 2 los resultados obtenidos para una temperatura de operación de 25 °C, concentraciones iniciales de acetato de etilo e hidróxido de sodio iguales a 0,01 gmol/lit, volumen de reactor de 2000 cm<sup>3</sup> y caudal inicial de alimentación de 50 cm<sup>3</sup>/min.

El tiempo total de la experiencia es de 2,5 h, compatible con la obtención de puntos suficientes para el trazado de la curva  $x = f(\theta_R)$  en el lapso de tiempo fijado para la realización del trabajo práctico, incluyendo las tareas previas preparativas (preparación y valoración de soluciones, carga de reactivos, etc.).

TABLA 2.  
Tiempos de estabilización del sistema

Operación	$F_{vo}$ (cm <sup>3</sup> /min)	Tiempo <sup>(a)</sup> (min)	$C_A^*$ (b)
Llenado de reactor	50	40	0,00504
	50	30	0,00454
Cambio de $F_{vo}$	100	25	0,00561
	150	20	0,00635
	250	12,5	0,00714
	350	10	0,00768
	500	10	0,00812

(a): tiempos necesarios para alcanzar un 99% de la concentración correspondiente al estado estacionario  
(b): concentración al final de cada etapa

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo (Figura 1) consta de 2 recipientes de vidrio para reactivos de 25 lts de capacidad aproximadamente (1), con dispositivo Mariotte para altura de impulsión constante (2). Los caudales de los reactivos se regulan con las válvulas (3) y se miden los valores respectivos con los rotámetros (4).

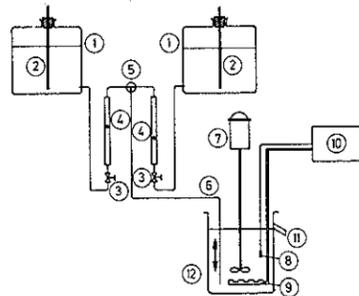


Figura 1 - Esquema del equipo utilizado.

La llave de 3 vías (5) permite seleccionar la alimentación. La entrada del reactor (12) tiene altura variable (6) y una conexión lateral provista de un septum para introducción de pulsos de trazador en el estudio de modelos de flujo. El reactor posee agitador (7), sensor de temperatura (8) y un sistema regulador-medidor de temperatura (9) (10) con el objetivo de realizar la reacción a temperatura controlada. El rebozadero (11) permite mantener el volumen constante y si es necesario, tomar muestras.

### RESULTADOS

A continuación se describen en forma resumida algunos resultados típicos obtenidos por estudiantes durante el desarrollo de los distintos tipos de tra-

bajos prácticos, comentándose los mismos suscitadamente.

#### a) Estudio en estado estacionario. Influencia de las variables operativas sobre la conversión

En la Figura 2 se muestran las conversiones obtenidas para distintos tiempos de residencia en estado estacionario, y la curva teórica de acuerdo a las condiciones operativas y a los datos cinéticos provenientes de la bibliografía (1). Se observa una concordancia aceptable teniendo en cuenta los errores inherentes al método de titulación por retorno, el volumen del reactor estimado y los caudales medidos. Los valores de conversión graficados corresponden a volúmenes de titulación constantes después de cada cambio de caudal. Los caudales de alimentación y las concentraciones de los reactivos fueron previamente seleccionados por los estudiantes en base al volumen del reactor y a la expresión cinética conocida.

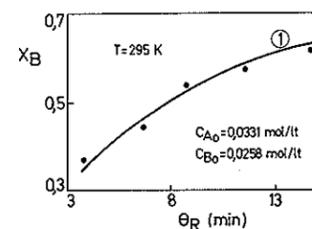


Figura 2 - Estudio en estado estacionario. Influencia del tiempo de residencia sobre la conversión. (1) Curva teórica de referencia; (\*) valores experimentales.

#### b) Estudio en estado estacionario. Interpretación de datos cinéticos

Los datos obtenidos en experiencias similares a las descritas en a), realizadas a distintas temperaturas, pueden ser utilizados para la deducción de una expresión cinética. En la Figura 3 puede observarse una gráfica de Arrhenius, habiéndose supuesto orden unitario con respecto al acetato de etilo e hidróxido de sodio.

Los valores del factor de frecuencia y de la energía de activación obtenidos a través de la regresión lineal son muy cercanos a los encontrados en la información bibliográfica. Debido a la imposibilidad de obtener datos suficientes en una sola sesión práctica, normalmente fueron utilizados datos provenientes de tres o más grupos de alumnos, los cuales trabajaron a distintas temperaturas. Debido a la alta sensibilidad de la constante cinética a la temperatura, la exploración de niveles comprendidos entre 15 °C y 35 °C es normalmente suficiente para obtener buenos valores de A y E.

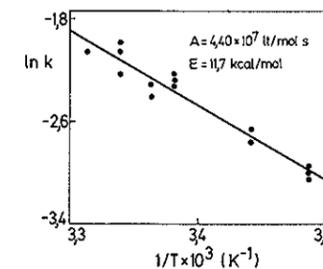


Figura 3 - Interpretación de datos cinéticos. Determinación de la energía de activación y del factor preexponencial.

#### c) Estudio del régimen transiente. Puesta en marcha y cambios del caudal de alimentación

En la Figura 4 se muestra la evolución temporal de la concentración de NaOH durante el llenado del reactor, inicialmente vacío, a un dado caudal (volumen de reacción variable), la posterior estabilización a dicho caudal (volumen constante), y el efecto de un cambio de caudal realizado a continuación. La curva dibujada representa la evolución teórica predicha mediante la integración numérica de las ecuaciones de balance para las condiciones operativas (caudales, concentraciones, temperatura, etc.) utilizadas. Los puntos corresponden a valores obtenidos mediante muestreos periódicos, observándose nuevamente un buen ajuste a los valores teóricos. La mayor dificultad operativa para este tipo de experiencias es la realización de la toma de muestras en forma adecuada (volumen, intervalo de tiempo, etc.). Otras variantes posibles consisten en operar con el reactor inicialmente lleno con agua, cambiar la relación de concentraciones manteniendo el caudal total constante, etc.

La recolección de datos para este tipo de análisis puede estar incluida dentro del tipo de experiencia descrita en a), por lo cual en la práctica es posible efectuar el estudio del estado estacionario y transiente en una única sesión práctica.

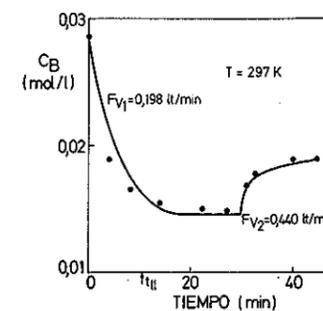


Figura 4 - Régimen transiente. Puesta en marcha y cambio del caudal de alimentación.

#### d) Estudio de modelos de flujo

Mediante la técnica de estímulo-respuesta y el uso de trazadores, es posible estudiar y modelar las desviaciones del flujo ideal de mezcla completa debidas a agitación deficiente o ubicación inadecuada de la entrada de la alimentación (2). En la Figura 5 se muestran las respuestas ante una señal escalón (cambio de agua desmineralizada por solución de NaOH) para condiciones de buena agitación y agitación deficiente (agitador detenido), tomando muestras periódicas a intervalos regulares y titulándose las mismas con solución de HCl usando fenolftaleína como indicador. Con buena agitación, se verificó una aceptable concordancia con los valores calculados suponiendo aplicable el modelo ideal de mezcla completa. En el caso de suspender la agitación externa, se observa una desviación con acercamiento al modelo de flujo en pistón, la cual puede ser descrita a través de los modelos de tanques en serie o de flujo con dispersión. Las curvas teóricas correspondientes pueden determinarse a través del cálculo de la varianza de la curva diferencial que se obtiene a partir de los valores experimentales graficados en la Figura 5. Otras variantes posibles de este tipo de experiencias consisten en la introducción de una señal impulso y/o la modificación de la posición del tubo de alimentación para provocar la presencia de

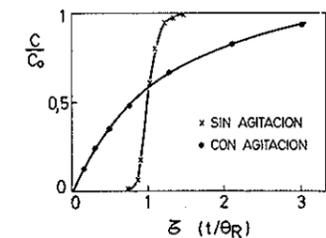


Figura 5 - Estudio de desviación del modelo ideal de mezcla completa.

cortocircuitos y volúmenes muertos. Asimismo puede utilizarse con ventaja para el seguimiento de la señal de salida un conductímetro con un registrador potenciométrico. En este último caso se utiliza normalmente solución diluida de KCl como trazador.

### REFERENCIAS

- [1] TSUJIKAWA, H., Inoue, H., Bull. Chem. Soc. Japan, 39, 1937 (1966).
- [2] LEVENSPIEL, O., in "Chemical Reactor Engineering" (John Wiley & Sons ed., 2nd Ed.), Cap. 9, 1962.

## O PROCESSO DE CROSS DERIVADO DO MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS

João Cyro André\*

ANDRÉ, João Cyro. O processo de Cross derivado do Método dos Deslocamentos. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4 (2): 110-115, 2.º sem. 1985.

Métodos e processos de cálculo com mesmas hipóteses básicas mas com tratamentos numéricos distintos têm sido, muitas vezes, interpretados de forma estanque, como se fossem procedimentos não-relacionados. É o que ocorre com o método dos deslocamentos e o processo de Cross. Trata-se, neste artigo, de mostrar que o processo de Cross é derivado do método dos deslocamentos, e que o algoritmo das aproximações sucessivas do processo de Cross é equivalente ao método iterativo de Gauss-Seidel por passos parciais.

Análise estrutural. Pórtico plano. Método dos deslocamentos. Método de Cross.

ANDRÉ, João Cyro. The Cross process derived from the Displacement Method. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 110-115, 2nd. sem. 1985.

Calculation methods and processes which have the same basic hypotheses but which present different numerical treatments have often been interpreted as if they were unrelated procedures. This happens to the displacement method and the Cross process. This paper shows that the Cross process derives from the displacement method, and that the successive approach algorithm in the Cross process is equivalent to the iterative method by partial steps of the Gauss-Seidel process.

Structural analysis. Plane frame. Displacement methods. Cross method.

### 1 INTRODUÇÃO

O processo de Cross, apresentado por Hardy Cross, em 1932, para a resolução de vigas contínuas e pórticos planos, é ensinado em quase todas as escolas de Engenharia Civil do País, e se constitui em instrumento de grande utilidade na análise estrutural, quer do ponto de vista didático quer do ponto de vista de utilização profissional.

A partir da década de 70, a utilização do processo de Cross em escritórios, que era razoavelmente corriqueira, começou a sofrer uma queda na sua "popularidade", em virtude da possibilidade de cálculos automáticos, usando computadores, fundamentados no método dos deslocamentos. Hoje, praticamente se vulgarizou o cálculo automático de estruturas reticuladas, com o emprego de computadores e de microcomputadores, o que tornou praticamente obrigatório o ensino do método dos deslo-

camentos em cursos de graduação de Engenharia Civil.

Chama-se a atenção para o fato de que não se pretende aqui sugerir a eliminação do processo de Cross dos cursos que tratam de análise estrutural, por dois motivos fortes: a sua importância didática e a sua utilidade profissional, visto que nem todos terão acesso a computadores ou microcomputadores, principalmente aqueles que, trabalhando em pontos distantes dos grandes centros, não poderão prescindir de uma ferramenta tão preciosa.

O objetivo deste trabalho é mostrar claramente que o processo de Cross, um procedimento de cálculo por aproximações sucessivas, adequado para cálculos manuais por uma engenhosa maneira de resolver sistemas de equações lineares, é um processo claramente derivado do método dos deslocamentos.

### 2 RESOLUÇÃO DE PÓRTICO PLANO PELO MÉTODO DE CROSS

Considere-se o pórtico plano formado por barras

prismáticas diferentes entre si e solicitado conforme se indica na Figura 1:

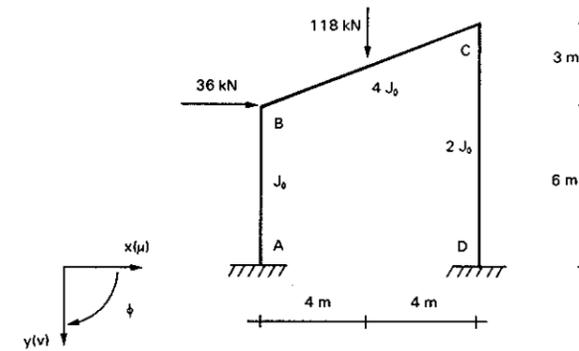


Figura 1

Trata-se de pórtico com 1 grau de deslocabilidade externa, e a sua análise é feita, no processo de Cross, aplicando-se o princípio da superposição de efeitos, conforme se indica na Figura 2.

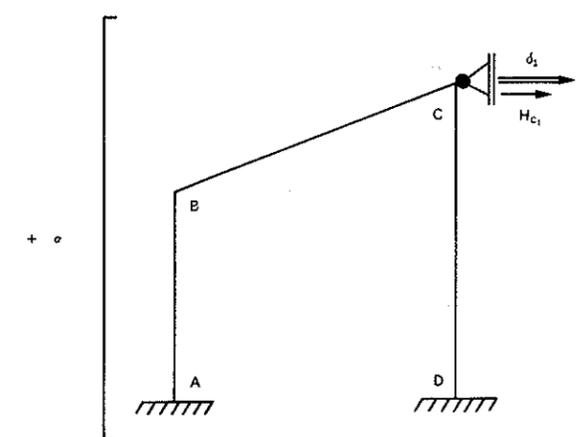
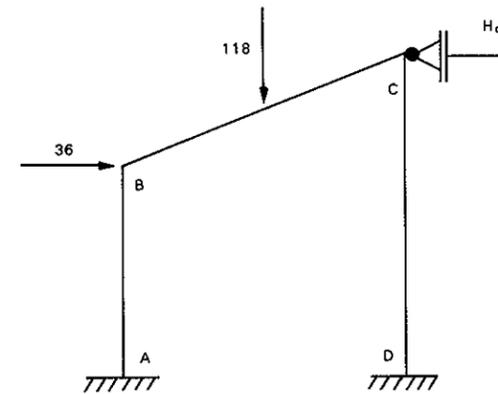


Figura 2

Inicialmente resolve-se o pórtico, tornado indesejável pela introdução adequada do vínculo em C, solicitado apenas pelo carregamento externo. A aplicação do algoritmo de aproximações sucessivas, apresentado na Figura 3, conduz explicitamente aos momentos finais que as extremidades das barras aplicam aos nós e implicitamente às rotações em B e C ( $\Phi_B$  e  $\Phi_C$ ) e à reação  $H_{C1}$ .

AB	BA	BC	CB	CD	DC	
	0,263	0,737	0,678	0,322		
		11800	-11800			(kN.cm)
		4000	8000	3800	1900	
-2078	-4155	-11645	-5822			
		1974	3947	1875	937	
-260	-519	-1455	-727			
		246	493	234	117	
-32	-65	-181	-91			
		31	62	29	15	
-4	-8	-23	-11			
		4	7	4	2	
	-1	-3	-1			
			1			
-2374	-4748	4748	-5942	5942	2971	

Figura 3

$$(2.1) H_{C1} = -37,97 \text{ kN}$$

$$(2.2) \Phi_B \approx \frac{1}{2,539 EJ_0} (158 + 19,74 + 2,46 + 0,31 + 0,04) = \frac{71,11}{EJ_0}$$

$$(2.3) \Phi_C \approx \frac{1}{2,762 EJ_0} (-118 - 58,22 - 7,27 - 0,91 - 0,11 - 0,01) = \frac{-66,81}{EJ_0}$$

Observa-se que as rotações em B e C são calculadas por aproximações sucessivas pela relação entre a soma dos momentos desequilibrados e a rigidez à rotação, em cada nó.

Em seguida resolve-se o pórtico tornado indesejável submetido a ação de recalque, com um valor arbitrado  $\delta_1 = 10000/EJ_0$  kN.cm. A aplicação do algoritmo das aproximações sucessivas, apresentado na Figura 4, conduz aos momentos fletores que as extremidades das barras aplicam aos nós e às rotações em B e C ( $\Phi_B$  e  $\Phi_C$ ) e à reação  $H_{C1}$ .

\* Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações — POLI/USP.

AB	BA	BC	CB	CD	DC
	0,263	0,737	0,678	0,322	
1667	1667			1481	1481
-219	-438	-1229	-614		
		-294	-588	-279	-140
39	77	217	108		
		-37	-73	-35	-17
5	10	27	14		
		-5	-9	-5	-3
	1	4	2		
			-2		
1492	1317	-1317	-1162	1162	1321

Figura 4

(2.4)  $H_{c1} = 7,44 \text{ kN}$

(2.5)  $\Phi_{B1} \approx \frac{1}{2,539 EJ_0} (16,67 - 2,84 - 0,37 - 0,05) = \frac{5,24}{EJ_0}$

(2.6)  $\Phi_{C1} \approx \frac{1}{2,762 EJ_0} (8,67 + 1,08 + 0,14 + 0,02) = \frac{3,59}{EJ_0}$

A solução do pórtico da Figura 1 é dada então pela aplicação do princípio da superposição dos efeitos, conforme se indica na Figura 2, com  $\alpha$  tal que seja satisfeita a equação de equilíbrio:

(2.7)  $H_{cL} + \alpha H_{c1} = 0 \quad -37,97 + \alpha 7,44 = 0$

ou seja,  $\alpha = 5,103$ . Um resumo dos principais resultados é representado na Figura 5.

$\Phi_B \approx 97,85/EJ_0 \text{ rd}$   
 $\Phi_C \approx 48,59/EJ_0 \text{ rd}$   
 $\mu_C \approx 510,30/EJ_0 \text{ rd}$   
 com  $EJ_0$  em  $\text{kNm}^2$

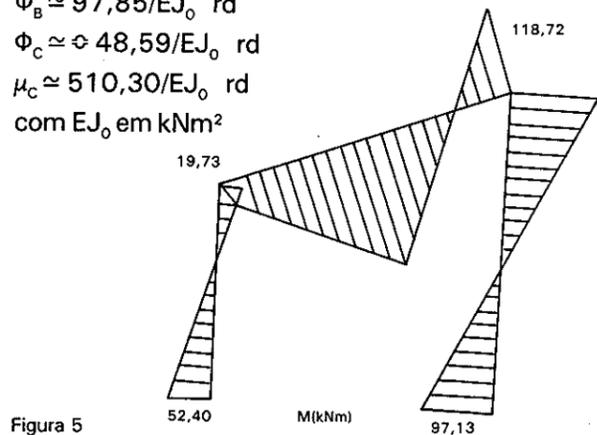


Figura 5

### 3 RESOLUÇÃO DE PÓRTICO PLANO PELO MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS. EQUACIONAMENTO ADEQUADO DAS EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO PARA COMPARAÇÃO COM O PROCESSO DE CROSS

Analisa-se agora o mesmo pórtico plano da Figura 1 pelo método dos deslocamentos, mas tratando de escrever as equações reduzidas de equilíbrio de modo adequado para comparações com o processo de Cross. Para que a comparação seja possível, admite-se a inextensibilidade das barras e, deste modo, o grau de deslocabilidade se reduz a 3, sendo pois incógnitas do problema os deslocamentos  $\Phi_B$  e  $\Phi_C$ , angulares, e  $\mu_C$ , linear, que serão indicados, respectivamente, por  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ .

Resolver o pórtico plano pelo método dos deslocamentos consiste em obter no conjunto de todas as soluções compatíveis (que se obtêm atribuindo valores arbitrários a  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ ) aquela que também é equilibrada, ou seja, que satisfaz as equações de equilíbrio reduzidas. As soluções compatíveis são obtidas a partir da combinação de soluções encontradas no pórtico plano tornado indeslocável (com  $D_1 = D_2 = D_3 = 0$ ) e submetido isoladamente às ações carregamento externo, recalque de apoio  $D_1 = 1$ , recalque de apoio  $D_2 = 1$  e recalque de apoio  $D_3 = 1$ , conforme se indica na Figura 6. O princípio da superposição de efeitos justifica a combinação.

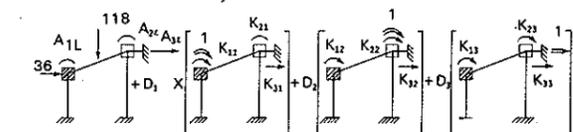


Figura 6

Portanto a solução compatível que também é solução do problema é aquela que satisfaz as equações reduzidas de equilíbrio

(3.1)  $A_i = A_{iL} + K_{ij}D_j \quad (i, j = 1, 2, 3)$

onde:

$A_i$  são as forças nodais correspondentes aos deslocamentos  $D_j$

$A_{iL}$  são as forças nodais reativas na estrutura bloqueada correspondentes aos deslocamentos  $D_j$  e devidas ao carregamento externo

$K_{ij}$  são as forças nodais reativas na estrutura bloqueada correspondentes aos deslocamentos  $D_j$  e devidas ao deslocamento  $D_j = 1$ .

Após alguns cálculos, obtêm-se as seguintes equações de equilíbrio, correspondentes ao pórtico plano:

(3.2)  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -118 \\ 118 \\ -36 \end{bmatrix} + EJ_0 \begin{bmatrix} 2,539 & 0,936 & -0,167 \\ 0,936 & 2,762 & -0,148 \\ -0,167 & -0,148 & 0,088 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}$

Tratando-se adequadamente as equações acima, consegue-se acompanhar os vários passos do processo de Cross, mostrando-se ainda que o algoritmo das aproximações sucessivas é uma forma simples de resolver o sistema de equações, quando as incógnitas são apenas deslocamentos angulares.

Observa-se inicialmente que resolver pelo processo de Cross o pórtico tornado indeslocável externamente e solicitado apenas pelo carregamento externo é equivalente a encontrar a solução compatível, que satisfaz as equações de equilíbrio reduzidas com  $D_3 = 0$ , caracterizada pela solução do sistema de equações:

(3.3)  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ A_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -118 \\ 118 \\ -36 \end{bmatrix} + EJ_0 \begin{bmatrix} 2,539 & 0,936 & -0,167 \\ 0,936 & 2,762 & -0,148 \\ -0,167 & -0,148 & 0,088 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1' \\ D_2' \\ 0 \end{bmatrix}$

ou seja, por

(3.4)  $D_1' = 71,108/EJ_0$   
 $D_2' = -66,820/EJ_0$   
 $A_3' = -37,986$

da qual resulta a seguinte distribuição de momentos fletores:

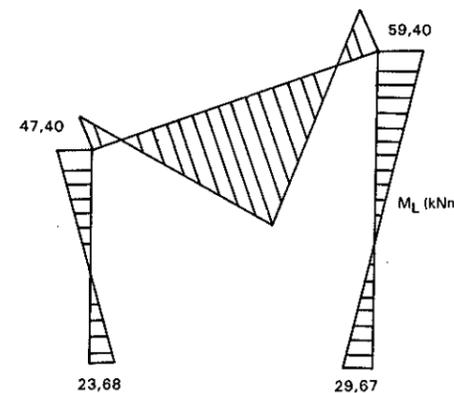


Figura 7

Os valores encontrados para  $D_1'$ ,  $D_2'$  e  $A_3'$  são aproximados, respectivamente, no processo de Cross, por:

TABELA 1

	1.ª ap.	2.ª ap.	3.ª ap.	4.ª ap.	5.ª ap.
$EJ_0 \Phi_{B_L}$	62,23	70,00	70,97	71,09	71,11
$EJ_0 \Phi_{C_L}$	-42,72	-63,80	-66,43	-66,76	-66,80
$H_{C_L}$	-36,00	-40,06	-38,24	-38,01	-37,98

Da mesma forma, resolver pelo processo de Cross o pórtico tornado indeslocável externamente e solicitado apenas por recalque de apoio  $EJ_0 \delta_1 = 10000 \text{ kNcm}$  é equivalente a encontrar a solução compatível, que satisfaz as equações reduzidas de equilíbrio com  $D_3 = 100/EJ_0$  e  $A_{iL} = 0$ , caracterizada pela solução do sistema de equações:

(3.5)  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ A_3'' \end{bmatrix} = EJ_0 \begin{bmatrix} 2,539 & 0,936 & -0,167 \\ 0,936 & 2,762 & -0,148 \\ -0,167 & -0,148 & 0,088 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1'' \\ D_2'' \\ 100/EJ_0 \end{bmatrix}$

ou seja, por

(3.6)  $D_1'' = 5,259/EJ_0$   
 $D_2'' = 3,576/EJ_0$   
 $A_3'' = 7,392$

da qual resulta a seguinte distribuição de momentos fletores:

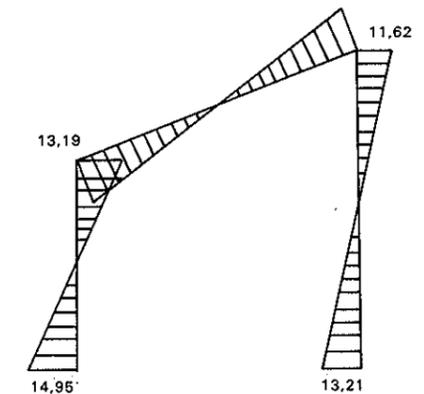


Figura 8

Os valores encontrados para  $D_1''$ ,  $D_2''$  e  $A_3''$  são aproximados, respectivamente, no processo de Cross, por:

TABELA 2

	1.ª ap.	2.ª ap.	3.ª ap.	4.ª ap.
$EJ_0 \Phi_{B_1}$	6,56	5,41	5,26	5,24
$EJ_0 \Phi_{C_1}$	3,14	3,53	3,58	3,59
$H_{C_1}$	8,85	7,29	7,42	7,44

Uma vez obtidas as duas soluções compatíveis que satisfazem as equações de equilíbrio correspondentes aos deslocamentos angulares, considera-se então o subconjunto de todas as soluções compatíveis que contêm a solução também equilibrada e solução do problema, superpondo a solução compatível correspondente ao carregamento externo com a solução compatível correspondente ao recalque  $\delta_1$  de apoio ponderada de  $\alpha$ . Observa-se então que encontrar a solução do problema se reduz a encontrar, no subconjunto referido, a solução compatível que satisfaça a equação de equilíbrio correspondente ao deslocamento linear:

$$(3.7) \quad A_3 = A_{3L} + K_{31}D_1 + K_{32}D_2 + K_{33}D_3$$

ou

$$(3.8) \quad A'_3 + \alpha A''_3 = (A'_{3L} + \alpha A''_{3L}) + K_{31}(D'_1 + \alpha D''_1) + K_{32}(D'_2 + \alpha D''_2) + K_{33}(D'_3 + \alpha D''_3)$$

ou

$$(3.9) \quad 0 = -37,986 + \alpha 7,392$$

o que é equivalente a determinar o valor de  $\alpha$ .

Resolvida então a equação de equilíbrio, da qual resulta  $\alpha = 5,139$ , obtém-se, por superposição, a solução compatível e equilibrada, que é a solução exata do pórtico, caracterizada pelos deslocamentos:

$$\begin{aligned} D_1 &= 98,15/EJ_0 \\ D_2 &= -48,42/EJ_0 \\ D_3 &= 514,02/EJ_0 \end{aligned}$$

e pelo diagrama de momentos fletores da Figura 9.

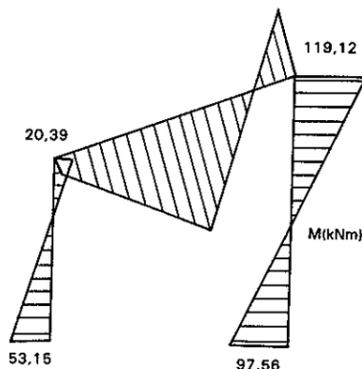


Figura 9

que é praticamente o mesmo diagrama da Figura 5.

Fica, pois, evidente, através do exemplo simples apresentado, que o processo de Cross é derivado do método dos deslocamentos. Trata-se de um procedimento extremamente engenhoso para fugir da resolução direta dos sistemas de equações de equilíbrio, envolvendo como incógnitas deslocamentos lineares e angulares, que se reduzem a sistemas de equações de equilíbrio de menor ordem, envolvendo como incógnitas apenas deslocamentos angulares (quando a resolução do sistema é feita iterativamente, de modo não explícito, através do algoritmo de aproximações sucessivas) e apenas deslocamentos lineares (quando a resolução do sistema é feita explicitamente).

#### 4 O ALGORITMO DAS APROXIMAÇÕES SUCESSIVAS DO PROCESSO DE CROSS E A RESOLUÇÃO DE SISTEMAS DE EQUAÇÕES LINEARES

É conveniente ainda mostrar que o algoritmo das aproximações sucessivas consiste apenas de uma rotina numérica, sugerida por interpretação física, para manipular os dados do problema sem ter que resolver explicitamente as equações de equilíbrio (tendo como incógnitas apenas deslocamentos angulares) que conectam esses dados à solução.

Os dados manipulados são os momentos fletores que as extremidades das barras aplicam aos nós e, como já se mostrou anteriormente, eles definem, de forma unívoca, as incógnitas do sistema de equações que são os deslocamentos angulares.

Do ponto de vista matemático, o algoritmo das aproximações sucessivas é equivalente ao método de Gauss-Seidel, com iteração por passos parciais. Para ficar clara tal equivalência, considere-se o algoritmo das aproximações sucessivas da Figura 3, que corresponde às equações de equilíbrio (3.3):

$$EJ_0 \begin{bmatrix} 2,539 & 0,936 \\ 0,936 & 2,762 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 118 \\ -118 \end{bmatrix}$$

A iteração de ordem  $r + 1$  é definida, no método de Gauss-Seidel, com iterações por passos parciais, por:

$$EJ_0 D_2^{r+1} = \frac{-118 - 0,936 D_1^r}{2,762}$$

$$EJ_0 D_1^{r+1} = \frac{118 - 0,936 D_2^{r+1}}{2,539}$$

o que permite estabelecer

TABELA 3

r	1	2	3	4	5	6	7
$EJ_0 D_1^{r+1}$	62,225	69,998	70,970	71,091	71,106	71,108	81,108
$EJ_0 D_2^{r+1}$	-42,723	-63,810	-66,444	-66,773	-66,814	-66,819	-66,820

enquanto os valores obtidos pelo algoritmo de aproximações sucessivas são:

TABELA 4

r	1	2	3	4	5
$EJ_0 \phi_B$	62,23	70,00	70,97	71,09	71,11
$EJ_0 \phi_C$	-42,72	-63,80	-66,43	-66,76	-66,80

Assim, a menos de pequenas diferenças numéricas nos valores das aproximações dos deslocamentos angulares, decorrentes de truncamentos numéricos na transmissão dos momentos de um nó para outro, pode-se constatar a equivalência referida.

#### 5 OBSERVAÇÕES FINAIS

Procurou-se, neste trabalho, estabelecer uma ligação clara entre o processo de Cross e o método dos deslocamentos.

Inicialmente mostrou-se que o processo de Cross é derivado do método dos deslocamentos,

tratando-se apenas de uma rotina engenhosa de resolver as equações de equilíbrio, adequada para o cálculo manual por evitar a resolução direta do sistema de equações de equilíbrio.

Mostrou-se em seguida, que o algoritmo das aproximações sucessivas corresponde ao método de Gauss-Seidel com iteração por passos parciais, conveniente para cálculos manuais, por permitir a determinação direta dos momentos fletores que as extremidades das barras aplicam nos nós sem necessidade de resolver explicitamente as equações correspondentes de equilíbrio.

Espera-se que este trabalho sirva para definir claramente a ligação entre o processo de Cross e o método dos deslocamentos, permitindo assim que o processo de Cross tenha seus resultados mais bem explorados e evitando que sejam vistos como dois procedimentos distintos e distantes, que a sua utilização sem base conceitual possa sugerir.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CROSS, H. "Analysis of Continuous Frames by Distributing Fixed-End Moments" — Transactions, ASCE, Vol. 96, 1932.  
 CRANDALL, S. H. "Engineering Analysis — A Survey of Numerical Procedures" — McGraw-Hill, 1956.  
 SILVA JR., J. F. "Método de Cross" — Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975.  
 SOUZA LIMA, V. M. "Notas de Aula", EPUSP.  
 ANDRÉ, J. C. "Notas de Aula", EPUSP.

## TOPOGRAFIA DE MINAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO NO DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA/UFRGS

Clovis C. Carraro\*  
Francisco H. S. Magro\*\*

CARRARO, Clovis C.; MAGRO, Francisco H. S. Topografia de Minas: uma experiência de ensino no Departamento de Geodésia /UFRGS. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 116-118, 2º sem. 1985.

Apresenta-se o plano de ensino da disciplina Topografia de Minas, que é lecionada no Departamento de Geodésia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul aos alunos do curso de graduação de Engenharia de Minas e de Geologia. É dada ênfase ao trabalho de campo realizado em mina no final do semestre.

Ensino de Engenharia. Topografia de Minas. Trabalho de campo.

CARRARO, Clovis C.; MAGRO, Francisco H. S. Mine Surveying: an experience in teaching at the Department of Geodesy/UFRGS. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 116-118, 2nd. sem. 1985.

The program for teaching Mine Surveying at the Department of Geodesy of Federal University of Rio Grande do Sul to undergraduate students of Mine Engineering and Geology is presented. Special emphasis is given to the field work realized at the end of the semester.

Teaching of Engineering. Mine Surveying. Field work.

### 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde 1978, o Departamento de Geodésia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul vem oferecendo a disciplina Topografia de Minas para os cursos de Geologia e Engenharia de Minas.

A disciplina de Topografia de Minas tem como sua maior intenção dar ênfase ao ensino prático, visando a formação de profissionais com capacidade de executarem qualquer levantamento topográfico de acordo com as respectivas atribuições.

Na súmula da referida disciplina, constam levantamento topográfico a prancheta de mins e jazimentos minerais para fins de cubagem; implantação de poligonal de contorno de área de pesquisa geológica e levantamento subterrâneo.

O desenvolvimento da disciplina ocorre em dois períodos distintos. O primeiro durante o semestre letivo, envolvendo atividades teórico-práticas e o segundo, no término do semestre, de forma intensiva, de caráter essencialmente prático e denominado atividade integradora.

Os métodos empregados têm evoluído constantemente, atingindo, agora, um estágio significa-

tivo, e através deste trabalho, apresenta-se à comunidade universitária, a experiência adquirida por este Departamento.

### 2 PLANO DE ENSINO

A disciplina tem 8 créditos perfazendo uma carga horária de 120 horas.

O conteúdo teórico é apresentado em 15 horas de aula expositiva durante o semestre letivo, intercaladas com 45 horas, que se destinam à execução da atividade integradora, que consta de um trabalho prático a se realizar de modo intensivo no final do semestre.

O programa da disciplina compõe-se de três unidades de ensino. A primeira trata dos levantamentos topográficos a prancheta em superfície, onde são abordados os métodos de irradiação, além de se fazer uma revisão nos nivelamentos trigonométrico, estadimétrico e barométrico. São ainda tratadas as técnicas para o levantamento de detalhes e desenho de plantas.

Na segunda unidade de ensino, que trata da delimitação de área de pesquisa geológica, são dados os objetivos do pedido de pesquisa, formulários e procedimentos estabelecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral, métodos para a determinação do azimute verdadeiro e levantamento topográfico visando a implantação de marcos limítrofes.

\* Engenheiro de Minas, Mestre em Sensoriamento Remoto INPE/CNPq, Professor Titular do Departamento de Geodésia/UFRGS.

\*\* Atuário, Mestre em Ciência Geodésica, Professor Assistente do Departamento de Geodésia/UFRGS.

A terceira unidade de ensino trata especificamente dos trabalhos topográficos de galeria de minas. São abordadas técnicas para o levantamento planimétrico e nivelamento geométrico de galerias e problemas especiais de minas, tais como transporte do azimute, cota e coordenadas para a subsuperfície, estabelecimento de divisas em subsuperfície e conexão de poços. Completa a unidade, a representação gráfica de galerias através de mapas, perfis e diagramas.

### 3 ATIVIDADE INTEGRADORA

#### 3.1 Objetivos

- proporcionar aos alunos oportunidade de executar um levantamento topográfico completo de mina a céu aberto e de uma galeria;
- utilizar nos levantamentos topográficos os conhecimentos adquiridos na disciplina.

#### 3.2 Local

A escolha do local é condicionada à existência de uma galeria de mina que apresente os seguintes requisitos:

- fácil acesso;
- segurança pessoal;
- isolada de trabalhos de mineração.

Nos últimos anos, a atividade integradora foi executada na Galeria dos Ingleses da Mina São Luiz, de propriedade da Companhia Brasileira do Cobre, situada em Minas do Camaquã, município de Caçapava do Sul. Nessa Galeria não se realizam atividades de mineração, ficando disponível por todo o período do levantamento. Tem acesso direto à superfície, o que permite a execução dos trabalhos com segurança e dispõe de uma extensão de até 500m com altura média de 2m.

A Companhia Brasileira do Cobre transmite aos participantes as normas de segurança pertinentes, coloca à disposição das equipes um especialista em segurança, além de exigir o uso de botas de borracha, capacete de mineiro e lanterna (Foto 1).

#### 3.3 Tarefas

As equipes são formadas por três alunos cada; além de lhes ser indicado o local de trabalho, é mostrado um marco com coordenadas no sistema UTM e uma referência de nível com altitude. A partir destes dados solicita-se que façam as seguintes tarefas:

- triangulação;
- levantamento de detalhes em superfície;
- levantamento de galeria.

#### Tarefa 1 — Triangulação

Para execução desta tarefa são exigidas as atividades abaixo discriminadas, desenvolvidas em dois dias:

- medida de base com mira horizontal INVAR;
- medida da mesma base com distanciômetro eletrônico;
- triangulação gráfica de 6 vértices, executada com alidade e prancheta;
- determinação da posição de vértice pelo método da ressecção;
- nivelamento trigonométrico dos vértices com alidade e prancheta;
- transporte de altitude da referência de nível a um dos vértices pelo método de nivelamento geométrico;
- determinação da orientação de um alinhamento pelo método das distâncias zenitais absolutas a um astro, com teodolito de precisão.

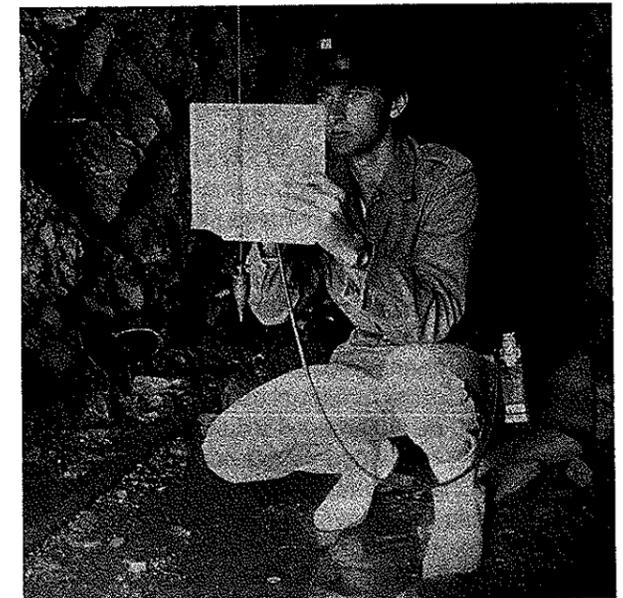


Foto 1 - Aluno do Departamento de Geodésia executando levantamento de subsuperfície. Galeria dos Ingleses, 1985.

#### Tarefa 2 — Levantamento de detalhes de superfície.

A partir de um dos vértices da triangulação, faz-se o levantamento planimétrico de superfície na região de acesso à galeria. O levantamento de detalhe é executado com prancheta de alidade pelo método estadimétrico. É dado um dia para execução desta tarefa.

#### Tarefa 3 — Levantamento da galeria.

Para execução do levantamento de galeria devem ser feitas as atividades abaixo relacionadas,

desenvolvidas em dois dias:

- poligonal aberta a teodolito e trena para o transporte de coordenadas de superfície para pontos da galeria, previamente estabelecidos;
- controle do azimute do último alinhamento da poligonal pelo método do teodolito giroscópio;
- transporte de altitude para pontos do interior da galeria pelo método do nivelamento geométrico.

Os cálculos são feitos no local, visando a detecção e correção de enganos. Cada equipe deverá apresentar relatório contendo os dados pertinentes às tarefas executadas, planilhas de cálculos, plantas e perfis.

### 3.4 Participação e Custos

Na última atividade realizada no período de 28 de janeiro a 9 de fevereiro, a participação foi a seguinte:

- docentes: Professores Clovis C. Carraro, Francisco H. S. Magro e Jorge L. Barbosa da Silva, deste Departamento; Prof. Carlos A. Nadal, da Universidade Federal do Paraná; Colaboradores Norberto Dani e Carlos Oliveira e Monitor Cesar M. Carraro;
- funcionário: Luís Garcia da Silva (motorista e zelador);
- alunos: 21 alunos na primeira semana e 27 alunos na segunda semana.

Deve-se ressaltar a participação da Companhia Brasileira do Cobre ao ceder a área para execução dessa atividade, fornecer alimentação com 50% de desconto e também colocar à disposição do corpo docente, discente e funcional os serviços médicos, de segurança, de alojamento e de lazer.

Em 1981, a atividade integradora foi realizada na Mina de Charqueadas, de propriedade da Companhia de Pesquisa e Lavra Mineral — COPELMI. No ano seguinte, foi realizada na Mina do Leão, da Companhia Riograndense de Mineração — CRM.

Desde 1983, o Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná tem se feito presente na pessoa do Prof. Carlos A. Nadal. Com instrumentos do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésias daquela Universidade, tais como teodolito giroscópio e distanciômetro, o Prof. Nadal participa entusiasticamente dos trabalhos de campo explicando o uso dos aparelhos e transmitindo sua experiência no campo das ciências geodésicas. Merece também destaque o empréstimo de distanciômetro a infra-vermelho pela empresa Geoconsultora. O custo com a campanha, realizada no período acima mencionado, foi da ordem de Cr\$ 10.600.000 correspondendo a 434 ORTNs.

### 3.5 Importância didática e profissional

Observando o desempenho dos alunos nas atividades de campo e também em gabinete ao executarem os cálculos e desenho, constatou-se que:

- o aluno executa as tarefas, inicialmente, com alguma dificuldade, mas depois com desenvoltura e sempre com grande entusiasmo;
- o aluno tem condições de detectar os erros que comete prontificando-se a repetir as tarefas que apresentem precisão inferior à desejada;
- os alunos desenvolvem a iniciativa e criatividade;
- os prazos estabelecidos para a realização das tarefas são cumpridos.

A opinião generalizada dos alunos é que o cumprimento das tarefas aqui descritas e a execução do relatório, têm sido de grande utilidade para a fixação dos conhecimentos adquiridos nos dois semestres precedentes, nas disciplinas Topografia I e Topografia de Minas. Este trabalho habilita efetivamente o profissional a executar como subterrânea com auto-determinação, resultando produtos de boa qualidade técnica.

## 4 RECOMENDAÇÕES

A equipe de professores responsável pela coordenação da disciplina Topografia de Minas, em face dos resultados que vem presenciando, é de opinião que:

- os demais cursos de Engenharia de Minas e de Geologia incluam nos respectivos currículos a disciplina Topografia de Minas, com as características semelhantes às deste Departamento;
- envidem esforços para que no final do semestre proporcionem a oportunidades para a realização de uma atividade integradora.

Finalmente, os autores desejam iniciar uma ampla troca de idéias com outros centros de ensino de Engenharia de Minas e Geologia e entre os membros da ABENGE, visando o aperfeiçoamento do ensino desta matéria.

### Agradecimentos

Os autores devem ao entusiasmo dos jovens alunos a manutenção de aperfeiçoamento da Atividade Integradora, aqui apresentada.

Pelas sugestões e críticas apresentadas pelas Professoras Ilza Rodrigues Jardim e Moanilda Froes Godolphim, nosso agradecimento.

## RUÍDO AMBIENTAL: UM PROBLEMA URGENTE PARA A NOSSA ENGENHARIA

João Candido Fernandes\*

FERNANDES, João Candido. Ruído ambiental: um problema urgente para a nossa Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4 (2): 119-124, 2.º sem. 1985.

Os ruídos industriais e urbanos têm-se constituído, nos últimos anos, um dos tipos de poluição que atingem maior número de pessoas. São Paulo e Rio de Janeiro, estão entre as cinco cidades de maior poluição sonora do mundo. O Brasil apresenta um dos maiores índices de ocorrência de perda auditiva em operários de indústrias. Como ocorre nos países europeus e nos Estados Unidos, o problema precisa ser atacado através de leis; mas, antes de mais nada, com a conscientização e a educação do povo. Esse processo deve começar pelo profissional que mais tem condições de alterar o meio ambiente: o Engenheiro.

Ruído Ambiental. Ensino da Acústica. Ciência do Ambiente. Acústica na Engenharia.

FERNANDES, João Candido. Environmental noise: an urging problem for engineering. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 119-124, 2nd. sem. 1985.

Lately, urban and industrial noise is becoming one kind of pollution affecting a great number of people. São Paulo and Rio are among the top five cities in the world with the greatest noise pollution. Brasil has one of the highest rate of hearing loss among industry workmen. As in USA and european countries, this problem has to be taken care of by the correct use of the law; above all, nevertheless, people have to be educated to become concious. This process has to begin with the kind of professional with all the conditions to alter the environment: the Engineer.

Environmental Noise. The teaching of Acoustics. Environment Science. Acoustics in Engineering.

## 1 INTRODUÇÃO

A acústica é, ao mesmo tempo, um tema fascinante e complexo. As aplicações dessa Ciência são extremamente diversas, atuando em áreas como: acústica arquitetônica, acústica fisiológica e subjetiva, acústica musical, atenuação e eliminação de ruídos, ultra-som e tecnologia ultra-sônica, propagação do som na atmosfera e no mar, "boom" sônico, aeroportos, eletro-acústica e sistemas de sonorização, comunicação verbal, fonética lingüística e estatística da linguagem, teoria das comunicações, etc. E tal a diversidade do emprego da acústica que, hoje, utiliza-se dela desde em simples ensaios de ultra-som para detectar falhas em materiais, passando por projetos de auditórios e estúdios, até a localização de tumores cerebrais.

Para a Engenharia, a acústica se torna uma ferramenta poderosa, sendo imprescindível a sua utilização na Engenharia Civil, em projetos arquitetônicos de teatros, auditórios, igrejas, setores urbanos, dimensionamento de sonorização de ambientes e ruídos ambientais.

\* Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica da Fundação Educacional de Bauru. Mestre em Vibrações EESC/USP. Vice-Diretor da Faculdade de Tecnologia da Fundação Educacional de Bauru.

Na Engenharia Industrial é de grande utilidade na detecção de vibrações em máquinas, no estudo de falhas em peças, através da tecnologia ultra-sônica e, principalmente, na eliminação de ruídos. Em outras áreas da Engenharia, os princípios acústicos também têm grande aplicação: na Engenharia Elétrica e Eletrônica, a eletro-acústica tem vasto campo; na Engenharia Naval, o estudo de sonares; na Engenharia de Produção, a melhoria do bem-estar dos operários e conseqüente aumento de qualidade na produção.

## 2 A ACÚSTICA NA ENGENHARIA

É no conforto ambiental e principalmente no controle do ruído, porém, que o engenheiro — de qualquer área — tem encontrado os maiores desafios e a necessidade de se conscientizar do problema.

Na Europa, essa conscientização já se transformou em leis, que fazem com que os ruídos ambientais (em regiões urbanas, industriais, aeroportos, escolas ou hospitais) estejam dentro dos limites admissíveis.

No Brasil, porém, essa "responsabilidade pelo bem-estar da comunidade" inexistente salvo raras exceções, como, por exemplo, na cidade de Bauru,

com 200 mil habitantes, onde se criou a Lei 2423, que disciplina, com bastante rigor, os níveis de ruídos aceitáveis no município.

Eis alguns dados do problema do país:

- A Organização Mundial da Saúde, classificou São Paulo e Rio de Janeiro entre as 5 cidades de maior nível de ruído no mundo. As outras são: Tóquio, Nova Iorque e São Francisco.
- Nessas cidades, o nível de ruído alcança valores médios de 90 a 95 decibels, com picos de 105 dB [1] (O desconforto acústico com deterioração no aparelho auditivo aparece, quando são ultrapassados os 80 dB. (Ver Tabela 2).
- Estatísticas médicas realizadas no Rio de Janeiro, acusam a poluição sonora como causa principal de neuroses, em 90% dos casos. Cerca de 80% dos pacientes internados em hospitais psiquiátricos são motoristas profissionais [5].
- A poluição sonora, causada pelas indústrias, construção civil, aeroportos, trânsito de veículos, aumenta, em média, 2 dB por ano (de 1970 a 1977).
- Os operários brasileiros preferem receber, por insalubridade sonora, seu adicional de 20% sobre o salário mínimo a denunciar o nível excessivo de ruído.
- Pesquisas feitas, pela Organização Mundial de Saúde e por uma indústria de aparelhos de surdez, nas principais capitais brasileiras, revelam que 15% da população tem problemas de audição. Destes, apenas 50% procuram médicos, sendo que 5% recorrem a elementos de socorro, como a prótese auditiva. Mesmo assim, a venda de aparelhos auditivos gira em torno de 30 mil unidades por ano (dados de 1977).
- Pesquisas médicas recentes concluíram que o excesso de barulho resulta sérias conseqüências a todo o organismo humano, como: fadiga, constrição dos vasos sanguíneos, maior esforço do coração, redução na produção de anticorpos, hipertensão arterial, etc [6].

Devem-se somar a esses dados medições mais recentes (1982) comprobatórias de que, em região urbana, é grande o desconforto causado pelo ruído de veículos: numa avenida movimentada do Rio de Janeiro, constatou-se durante a medida do nível de ruído que, durante 96% do tempo, o decibelímetro marcou níveis acima de 70 dB(c); 50% do tempo, acima de 78 dB(c); em 30% do tempo, acima de 80 dB(c); em 5% do tempo, níveis acima de 85 dB(c). "Nota-se que, em qualquer ponto de uma grande cidade, existe um fundo sonoro contínuo, produzido pela superposição dos ruídos dos veículos" [2].

Os operários da construção civil e de indústrias estão submetidos, diariamente, a níveis sonoros bastante elevados.

Eis alguns valores:

TABELA 1

Níveis de ruído, provocados por diversos equipamentos

rebitadeira pneumática	125 dB
buzina de ar de automóvel (1 metro)	115 dB
calderaria	110 dB
golpe de martelo sobre metal	105 dB
compressor	100 dB
metrô (New York)	95 dB
trator	93 dB
martelo pneumático	90 dB
ônibus com motor interno	85 dB
betoneira	75 dB

Quando os ruídos atingem níveis elevados, as pessoas podem sofrer graves problemas de audição, principalmente se o tempo de exposição ao ruído for prolongado. O barulho pode afetar a audição de 3 modos: mudança temporária do limiar auditivo (as pessoas se sentem surdas por alguns minutos ou horas); mudança permanente do limiar auditivo (a sensação de surdez é permanente); trauma acústico (perda da audição em razão da exposição a um nível de pressão sonora muito elevado). O que ocorre, freqüentemente, é um processo gradativo e insensível, pois a perda auditiva se dá inicialmente nos sons agudos. A seguir, é apresentada uma tabela dos níveis de ruído, em função das bandas de freqüência e tempo de exposição diária, os quais significam um risco para o aparelho auditivo [3].

TABELA 2

Níveis de ruído em bandas de freqüência indicadores de risco auditivo

Bandas de oitava de freqüência	Tempo de exposição diária						
	8h	4h	2h	1h	30 min	15 min	7 min
63	97	100	103	106	110	116	122
125	91	94	97	100	104	110	116
250	87	90	93	96	100	106	112
500	84	87	90	93	97	103	109
1000	82	85	88	91	95	101	107
2000	80	83	86	89	93	99	105
4000	78	81	84	87	91	97	103

Em contraste a todos esses dados, colocam-se os níveis sonoros confortáveis para ambientes de convivência humana. As normas brasileiras fixam, como limites superiores do nível de ruído de ambientes, os seguintes valores:

TABELA 3  
Níveis de ruído máximo aceitável para a convivência do homem NB-95

Igrejas	42 dB(A)
Escolas e museus	42 dB(A)
Cinemas	45 dB(A)
Hotéis e hospitais (áreas de dormir)	40 dB(A)
Escritórios	57 dB(A)
Restaurantes	60 dB(A)
Auditórios (salas de espetáculos)	42 dB(A)
Residências	40 dB(A)
Fábricas	75 dB(A)

Níveis de ruído acima desses valores tornam-se bastante incômodos; perturbam o trabalho ou o repouso; dificultam a comunicação verbal, interferindo na inteligibilidade das palavras, causando alterações na saúde de pessoas nervosas.

Como podem ser compatibilizados os limites máximos de ruídos fixados pelas normas, com os níveis a que estão submetidas as pessoas no dia a dia?

Constata-se, claramente, o preço que o homem está pagando pela tecnologia, pelo conforto, pela industrialização. Todo o progresso baseado na máquina tem um subproduto dos mais indesejáveis: o ruído.

O professor Luiz Palhano Pedrosa diz que "o problema do ruído é, sem dúvida, um problema de repressão, mas, antes de mais nada, um problema de educação" [4]. Não se pode pensar em atenuar os níveis de ruído em ambientes comunitários, sem que haja, antes de tudo, a educação das pessoas que os administram. Dessa maneira, torna-se evidente que o Engenheiro, o Arquiteto e o Administrador Municipal são os profissionais que, conscientizados, modificarão o meio com maior eficiência e rapidez.

### 3 A ACÚSTICA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIRO

O Conselho Federal de Educação não faz, de maneira explícita, nenhuma citação no sentido de oferecer ao Engenheiro, conhecimentos na área de acústica e ruídos. As poucas recomendações são muito gerais e, por isso mesmo, vagas, permitindo múltiplas interpretações.

A resolução CFE 48/76, que fixa os currículos mínimos dos cursos de Engenharia, no seu artigo 4.º, inclui a matéria Ciências do Ambiente, como obrigatória na formação do Engenheiro. O artigo 8.º determina que as matérias de formação profissional específica, estabelecidas pelas próprias instituições, deverão incluir "tópicos relativos à segurança na concepção dos projetos de Engenharia".

Por sua vez, a resolução n.º 4/77 do CFE, que caracterizou a habilitação Engenharia Industrial, estabeleceu, no seu artigo 3.º, que, entre as matérias de formação geral, deve-se incluir "psicologia aplicada ao trabalho", estudando-se civilização tecnológica, explosão demográfica, urbanização, estudo de fadiga. No seu artigo 5.º, parágrafo 1.º, fixou que as disciplinas de formação profissional específica deverão destacar a segurança na execução dos projetos e na operação dos sistemas próprios da área.

Nas "Recomendações sobre a introdução de tópicos relativos à segurança nos currículos plenos do curso de Engenharia" (7), no item II, lê-se: "A introdução de tópicos relativos à segurança nos currículos plenos do curso de Engenharia não visa ao preparo de especialistas, mas à criação de uma mentalidade preventiva na atuação do futuro profissional, qualquer que seja a área de sua atuação". No item III — Recomendações — são citados os tópicos a serem cobertos neste assunto. Eis alguns:

- Conceituação de segurança na Engenharia
- Controle do ambiente
- Proteção coletiva e individual
- Riscos específicos nas várias Habilitações de Engenharia
- Segurança no projeto

Como se observa, o CEF nas resoluções 48/76 e 4/77, além de legislar sobre a formação técnica do Engenheiro, também se preocupou com os efeitos da Tecnologia sobre a natureza. Trata-se, porém, de uma legislação um tanto estranha, pois, ao mesmo tempo que institui o ensino formal de Ciências do Ambiente, com o intuito de manter o equilíbrio ecológico, apenas recomenda a inclusão de tópicos relativos à segurança do ser humano, para os currículos de Engenharia.

A respeito do conteúdo da matéria Ciências do Ambiente (Resolução 48/76 do CEF é referência 7), pode-se partir para várias interpretações das recomendações oficiais; porém torna-se claro que a poluição sonora não recebe a atenção proporcional aos males sociais que causa. Isso é confirmado pelo próprio MEC, quando indica a bibliografia para a matéria Ciências do Ambiente [8]: entre 78 livros e trabalhos citados, apenas 1 (um) enfoca diretamente o

tema "acústica ambiental". Além disso, nota-se que, atualmente, existe uma clara tendência de se interpretar este currículo mínimo sob o prisma da Química e Biologia [9, 10 e 11]

Os tópicos relativos à segurança do trabalho dependem muito das instituições, restringindo-as a meras especulações a respeito do conteúdo. Na realidade, as exigências nesse sentido são vagas, e os itens, quando são agrupados numa disciplina, estão sujeitos a múltiplas interpretações.

#### 4 PROPOSTA PARA O ENSINO DE ACÚSTICA NA ENGENHARIA

"É indispensável um trabalho de educação em questões ambientais, visando tanto às gerações jovens como adultas, dispensando a devida atenção (...) à proteção de melhoramento do meio ambiente, em toda a sua dimensão humana". — Declaração sobre o ambiente humano — Assembléia Geral das Nações Unidas — Estocolmo — 1972.

Didaticamente, pode-se dividir a "atuação dos ruídos sobre as pessoas" em duas áreas distintas, embora sejam bastante semelhantes suas causas e efeitos.

— *O ruído urbano* — resultado principal do trânsito de veículos (carros, ônibus, caminhões e motocicletas com escapamentos fora de normalização, buzinas) e aviões; megafones e sirenes; construção civil; casas comerciais, etc., perturba a população das grandes e médias cidades.

— *O ruído industrial* — causado por máquinas, ao realizarem algum trabalho, provocam graves problemas auditivos nos operários.

No primeiro caso, ruídos urbanos, está intimamente ligado à área civil. Atualmente, o engenheiro civil que projetar qualquer ambiente de convivência humana deve levar em consideração dois aspectos: o isolamento acústico, (não permitindo que sons externos incomodem o recinto), e o tratamento acústico do ambiente (para locais onde se apresentarão shows, discursos, aulas, eventos musicais, etc.), permitindo a máxima inteligibilidade dos sons. Torna-se, portanto, mais necessário, a cada dia, que o Engenheiro de formação civil tenha conhecimentos amplos nessa área.

A surdez profissional, hipacusia dos operários que trabalham em ambientes acusticamente insalubres, caracteriza os ruídos industriais. Os Engenheiros Industriais de qualquer área, além dos Engenheiros das áreas de Eletricidade, Mecânica, Metalurgia, Minas e Química, devem ter conhecimentos a respeito disso, tornando-se também responsáveis pelo

número crescente de problemas auditivos decorrentes das indústrias.

Deve-se lembrar a importância da conscientização dos Engenheiros da área mecânica, pois são equipamentos mecânicos que, na maioria das vezes, são as fontes de ruído.

Muitas escolas de Engenharia, sensíveis ao problema, já incluíram, em seus currículos, disciplinas enfocando o tema, como "Controle Térmico e Acústico", "Planejamento e Controle de Tráfego Urbano", "Poluição Industrial", etc. Cabe aqui, pois, recomendar a inclusão de tópicos relativos a controle de ruído nos currículos de Engenharia.

##### 4.1 Carga Horária

O estudo da acústica, ruídos e proteção, é vastíssimo. Uma visão completa dos problemas e de suas soluções exige, como pré-requisito, o conhecimento de vibrações mecânicas, pois a acústica nada mais é que o estudo das vibrações num meio elástico: o ar. Porém, como foi citado no item 3, "não se visa ao preparo de especialistas" mas, sim, à conscientização do problema.

Para a questão dos ruídos urbanos, o ideal seria a inclusão de uma disciplina (profissional específica) nos currículos dos cursos da área civil, com 30 horas, dedicada exclusivamente ao conforto acústico ambiental, Poder-se-ia, também, pensar em termos de apenas uma disciplina, englobando todo o assunto de conforto ambiental (com carga horária maior), versando sobre acústica, calor, ventilação e luminosidade. A primeira sugestão parece-nos a mais indicada, pois, além de dar ênfase ao assunto, não exige um professor polivalente, como no segundo caso.

Para os ruídos industriais, torna-se quase obrigatória a inclusão de uma disciplina sobre o assunto, pelos graves problemas de hipacusia observados nessa área. Recomenda-se uma disciplina, com carga de 30 horas, dirigida ao futuro Engenheiro Industrial, desvinculada dos aspectos de segurança do trabalho e exclusivamente voltada para o estudo, combate a conscientização da poluição industrial.

Assim, atacando o problema, usando-se como estratégia, a conscientização do Engenheiro Civil e do Engenheiro Industrial, resultarão modificações sensíveis no meio ambiente, pois estes são os profissionais que podem atuar com maior eficiência no controle ambiental.

##### 4.2 Conteúdo Programático

O Engenheiro da área civil deve ter uma educação dirigida para a acústica arquitetônica. Reco-

menda-se um programa com os seguintes tópicos:

- Introdução e conceitos físicos*: origem e formação do som, terminologia, audição humana, leis do som.
- Acústica de ambientes*: fatores acústicos que caracterizam os ambientes, tempo de reverberação, materiais e tratamento acústico, projeto de ambientes (acústica gráfica, amortecimento e reverberação, ambientes especiais como câmaras, teatros, templos, estúdios).
- Ruídos ambientais e industriais*: introdução e definições, níveis normais de recomendados, ruídos na Arquitetura (focos de ruídos, planejamento acústico, isolamento, instalações domésticas, construções especiais como hospitais, hotéis, oficinas, escolas), ruídos urbanos.
- Sistemas de medidas de som*: equipamentos, medida do nível sonoro (teoria), medida do nível sonoro de um ambiente (prática), medida do nível sonoro de uma indústria (prática), medida do nível sonoro de setores urbanos de uma cidade (prática), medida de fontes sonoras (prática).

Para o curso de Engenharia Industrial, o programa poderia ser bastante semelhante, porém, com enfoque voltado para os riscos auditivos causados pelos ruídos industriais. Seria o seguinte:

- Introdução e conceitos físicos*: origem e formação do som, terminologia, audição humana, leis do som.
- Acústica de ambientes*: noções dos fatores que caracterizam ambientes.
- Ruídos industriais*: introdução e definições, níveis normais e recomendados, efeitos dos altos níveis de ruído, níveis legais, ruídos de máquinas, mapeamento, controle do ruído na fonte, controle do ruído na propagação, controle do ruído no receptor (protetores), sinalização de zonas, exames audiométricos.
- Sistemas de medida de som*: equipamentos, medida do nível sonoro (teoria), medida do nível sonoro de um ambiente (prática), medida do nível sonoro de uma indústria com mapeamento, ruído de fundo e alternativas de solução (prática), medida de fontes sonoras (prática).

Para esses dois programas, cabe lembrar que o acompanhamento prático é muito importante e fácil de ser implantado, pois os equipamentos são simples e de baixo custo.

##### 4.3 Posicionamento no Currículo

Basicamente, recomenda-se que os ensinamentos de acústica e ruídos, ao Engenheiro em formação, devem ser ministrados no final do curso, tor-

nando a conscientização do problema mais embasada (pelos conhecimentos adquiridos durante o curso) e eficaz (pela proximidade da vida prática).

De maneira meticulosa, poder-se-ia indicar, como posição para as disciplinas propostas, um período posterior ao sétimo do curso de Engenharia. Isso porque, em ambos os casos, o aluno já possui conhecimentos básicos que envolvam Física, Matemática, conforto das habitações, além de vibrações e amortecimento vibratório em máquinas (para Engenharia Industrial).

##### 4.4 Formação de Professores

A formação de professores, talvez seja o maior desafio para a inclusão de tópicos relativos à acústica nos currículos dos cursos de Engenharia.

Pós-graduação "stricto sensu" na área de acústica existe em apenas uma instituição do Brasil: a Universidade Federal de Santa Catarina, com oferta de disciplinas a nível de mestrado e doutorado, além da excelente produção de trabalhos científicos.

Porém, para se ministrarem aulas de acústica e ruídos em cursos de graduação, não há necessidade de o professor possuir título de mestrado ou doutorado. Os cursos de pós-graduação "latu sensu" permite amplos conhecimentos, principalmente se o "professor-aluno" tiver uma formação com boa base em vibrações de corpos rígidos e elásticos. Muitas instituições mantêm cursos de especialização ou extensão universitária; entre elas, o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (São José dos Campos) e a Fundação Educacional de Bauru, esta última com cursos regulares.

##### 4.5 Bibliografia

O número de textos em Língua Portuguesa na área de acústica e ruídos ainda é pequeno. São citados livros que abrangem todo o programa apresentado:

- De Marco, C. S. — "Elementos de Acústica Arquitetônica" Livraria Nobel S. A. — São Paulo.
- Alexandry, F. G. — "O Problema do Ruído Industrial e seu Controle" — Fundacentro — Ministério do Trabalho — São Paulo.
- Minãna, J. P. — "Compêndio Prático de Acústica" — Editorial Labor S. A. — Barcelona.
- Nepomuceno, L. X. — "Acústica Técnica" — Editora Técnica Gráfica Industrial Ltda.
- Beranek, L. L. — "Acústica" — Editorial Hispano-Americana S.A. — Buenos Aires.

- 6 - Beranek, L. L. — "Acoustic Measurements" — J. Wiley — U.S.A.  
7 - Kurtze, G. — "Física y Técnica de la Lucha contra el ruido" — Ediciones Urno.

Devem-se somar esses textos, as normas brasileiras: TB 37/59, NB 616/79, NB 95/66, NBR 7731/83, NB 101/71.

Dos livros apresentados, o primeiro é exclusivo dos cursos de Engenharia Civil; o segundo e o sétimo, exclusivos da Engenharia Industrial. Os demais são gerais, sendo úteis a ambos os casos.

## 5 CONCLUSÕES

Os altos níveis de ruído se transformaram nos últimos anos, como uma das formas de poluição que atingem maior número de pessoas. A poluição sonora não se restringe apenas à regiões de grande concentração industrial, como a poluição atmosférica: nem a estritas regiões, como a poluição radioativa; nem a regiões produtoras de álcool, como a poluição dos rios. O barulho está presente em qualquer comunidade, em qualquer tipo de trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil. Atualmente, tanto nas grandes capitais, como nas cidades médias do interior, o nível sonoro está acima dos valores recomendados.

O problema se agrava quando se sabe que a perda auditiva é imperceptível, pois, atinge primeiro as altas frequências, não interferindo na comunicação oral; conseqüentemente se constitui num processo progressivo à medida que a pessoa se submete a elevados níveis sonoros.

A repressão, através de leis que rejam todas a geração de ruídos, é um objetivo remoto em nosso país. Mas esse processo deve começar pela educação e conscientização do profissional que mais tem condições de alterar o meio ambiente: o Engenheiro.

Nos Estados Unidos e na Europa, leis severas atuam sobre equipamentos produtores de ruídos: todos os veículos têm seus escapamentos rigorosamente dimensionados; vários modelos de aviões foram obrigados a modificar suas turbinas (é de fácil lembrança a proibição do pouso de aviões Concorde em solo americano por excesso de ruído); as casas comerciais noturnas têm seus limites sonoros inspecionados regularmente. Desde 1980, por força de lei, os Estados Unidos obrigam que todo equipamento que gere barulho no seu funcionamento deve apresentar, em seu rótulo, o nível de ruído. Isso quer dizer que, ao se comprar um eletrodoméstico, como aspirador de pó, liquidificador, condicionador de ar,

máquina de lavar roupa, as pessoas conhecem não só os dados elétricos, como potência, corrente de tensão de funcionamento, mas também o nível de ruído produzido.

A educação do Engenheiro Civil e do Engenheiro Industrial deve criar, a médio prazo, um clima de hostilidade aos altos níveis de ruído: o primeiro, atuando no problema urbano, reprimindo as fontes e protegendo as pessoas da poluição sonora; o segundo preocupando-se com a surdez profissional dos operários e, ao mesmo tempo, projetando máquinas com níveis de ruído que não afetem a saúde pública.

Quando essa conscientização se transformar em leis, teremos um povo mais sadio e com melhor qualidade de vida.

Acústica e ruídos é um tema polêmico e, por isso mesmo deve ser discutido por todos os segmentos da sociedade. O autor se coloca à disposição de quem quiser discutir o problema, aceitando novas colocações e pontos de vista sobre este trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ 1 ] CASTRO, T. — "Estamos ficando surdos e ninguém nos ouve" — Jornal "O Globo" de 8/5/77.
- [ 2 ] DE MARCO, C. S. — "Elementos de Acústica Arquitetônica" — Livaria Nobel S. A. — São Paulo.
- [ 3 ] LINS, A. — "O Barulho e o Homem" — Revista "Acústica" — n.º 8 — 1977
- [ 4 ] PALHANO PEDROSO, L. A. — "O Silêncio — sua promoção é a afirmação de educação e respeito" — Revista "Acústica" — n.º 6 — 1977.
- [ 5 ] BOLETIM DO INSTITUTO BRASILEIRO DE ACÚSTICA — Vol. XXX — n.º 8 — fevereiro/1980.
- [ 6 ] BOLETIM DO INSTITUTO BRASILEIRO DE ACÚSTICA — Vol. XIX — n.º 12 — junho/1979 e Vol. XVIII — n.º 11 — maio/1978.
- [ 7 ] Curso de Engenharia — Autorização, reconhecimento e funcionamento. — DAU/MEC — 1979.
- [ 8 ] Curso de Engenharia — Bibliografia — DAU/MEC — 1979.
- [ 9 ] SALLES, J. L. — "O ensino de Ciências do Ambiente como disciplina de Departamento de Química da Universidade Gama Filho". — Anais do Seminário sobre ensino das matérias de formação básica nos cursos de Engenharia — Rio de Janeiro — outubro de 1983.
- [ 10 ] CECCHINI, M. A. G. — "A análise crítica do ensino da matéria Ciências do Ambiente" — Revista de Ensino de Engenharia — Vol. 3 — n.º 2 — 2.º semestre/84.
- [ 11 ] LIMA, O. S. — "Ciências do Ambiente: Uma experiência de ensino na Escola de Engenharia de São Carlos". — Revista de Ensino de Engenharia — Vol. 3 — n.º 2 — 2.º semestre/84.

## CURSO DE SIMILITUDE EM ENGENHARIA

H. A. Gomide\*  
E. F. y Fernández\*\*

GOMIDE, H. A. e FERNÁNDEZ, y F. E. Curso de Similitude em Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 125-132, 2.º sem. 1985.

O presente trabalho tem como meta divulgar a disciplina "Similitude em Engenharia" ministrada no curso de Engenharia Mecânica da UFU, a qual visa proporcionar aos alunos fundamentos básicos sobre a teoria de modelos. O ciclo de aulas práticas e teóricas tem como objetivos distinguir as quantidades envolvidas em um experimento, manipular dados experimentais, aplicar a análise dimensional para classificar e desenvolver equações, sistematizar coletas de dados e analisar protótipos através de modelos. Oito trabalhos de laboratório foram cuidadosamente selecionados, envolvendo as áreas de mecânica dos fluidos e dos materiais, em ordem crescente de complexidade e procurando utilizar acumulativamente os conhecimentos adquiridos.

Similitude. Modelo. Escala. Distorção.

GOMIDE, H. A. e FERNÁNDEZ, y F. E. A Course of Similitude in Engineering. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 125-132, 2nd. sem. 1985.

The objective of this paper is to divulge the course "Similitude in Engineering", taught at the Mechanical Engineering Department of UFU with the objective of presenting students basic fundamentals on the theory of modeling. Theoretical and practical activities were planned to allow students to select quantities involved in experiments, to apply dimensional analysis, to classify and develop predictive equations, to systematize data acquisition, and to predict prototype performance from model analysis. Eight different experiments including knowledge of mechanics of materials and fluid mechanics were selected and ordered with increasing levels of difficulties.

Similitude. Model Design. Scale Model. Distortion.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitos problemas práticos em engenharia não podem ser resolvidos analiticamente e por isto, informações experimentais sobre o fenômeno devem ser obtidos. Nos problemas mais simples o que se pretende é conhecer como uma característica particular de um sistema é influenciada por outra. Para determinar a relação entre um parâmetro e outro, testes experimentais devem ser feitos onde as variações de um deles permite a determinação do outro, enquanto todas as outras características ou variáveis do sistema permanecem constantes. Este processo pode ser repetido para cada uma das variáveis envolvidas. Apesar deste princípio parecer simples, ele é difícil e consome tempo considerável na prática. A seleção de grupos de variáveis adimensionais reduz consideravelmente o tempo, não sendo necessário trabalhar individualmente com cada parâmetro [1]. A análise de um determinado problema,

dentro deste ângulo, é chamado de análise dimensional.

Entre a idealização e a construção de um projeto em engenharia, prespõem-se a realização de um vasto conjunto de experiências que simulam, consistentemente, os fenômenos físicos envolvidos. A teoria das dimensões e da similitude estabelece critérios que devem ser impostos sobre os modelos e permite estabelecer os parâmetros característicos do fenômeno em estudo, para que os resultados possam ser obtidos seguramente e sistematicamente [1, 2].

Apesar da simplicidade e das características elementares que regem os princípios da teoria da similitude, eles, normalmente, não são aplicados de maneira consciente. A exposição de certas teorias em livros textos e na prática pedagógica das universidades geralmente são tratadas rápida e superficialmente. Noções fundamentais de grandezas dimensionais e adimensionais não são elucidadas de maneira satisfatória, provocando uma série de confusões e mal entendidos. A constatação dessas dificuldades incentivou a elaboração e implantação de uma disciplina e pós-graduação, no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia.

\* Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia/MG.

## 2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA.

Na engenharia moderna qualquer tipo de estrutura ou máquina, independente de ser uma ponte, uma turbina ou um aeroplano é construído um modelo que é testado, reprojeto e retestado várias vezes até o desenho final. Frequentemente, por razões econômicas, os modelos são construídos em escala menor que a estrutura final, denominada de protótipo. Os princípios que governam o projeto, construção, operação e interpretação dos resultados dos testes do modelo definem a Teoria da Similitude. Esta teoria inclui considerações sobre as condições nas quais o comportamento de dois sistemas separados serão iguais e as técnicas de como precisão obter resultados de um mediante observações do outro.

Três classes de modelos, para estudos do comportamento de protótipos podem ser destacadas:

- Geometricamente similares. O modelo é uma redução em escala do protótipo.
- Distorcido. O modelo é uma reprodução do protótipo mas, mais de uma escala é usada, ou seja, uma escala é usada para comprimento e outra escala para os outros parâmetros.
- Dissimilar. Estes modelos não tem nenhuma semelhança direta com o protótipo. Por exemplo, as características de vibração de um sistema mecânico podem ser previstas por um circuito elétrico.

O principal objetivo da Teoria da Similitude é estabelecer relações necessárias para permitir que as observações feitas no modelo sejam confiáveis. As observações obtidas tem duas características gerais, ou seja, podem ser qualitativas ou quantitativas. A característica qualitativa define a unidade da dimensão observada como força (F) e comprimento (L), enquanto que a característica quantitativa envolve ambas, a grandeza e a unidade (como 3m, 5g ou 10mi). Esta pode ser do primeiro grupo (quantidades primárias) como comprimento (L), massa (M) ou força (F) e tempo (T), e do segundo grupo (quantidade secundária) como aceleração ( $LT^{-2}$ ) e viscosidade ( $ML^{-1}T^{-1}$ ). As quantidades do segundo grupo podem sempre ser expressar em função das quantidades do primeiro grupo, ou seja, em função de L, M(F) e T. Outras quantidades do primeiro grupo, não mencionadas, são a temperatura ( $\theta$ ), carga elétrica (Q), indutância (D) e outras.

### 2.1 Interpretação dos resultados.

A interpretação de um conjunto de observações experimentais é mais difícil que o puro acúmulo de

dados. A escolha dos equipamentos, a simples construção de um gráfico, a análise de erro e incerteza envolvida no experimento até a interpretação dos resultados fazem parte do processo de redução dos dados experimentais. Algumas vezes, uma variação indica uma tendência ou uma lei do fenômeno físico observado, em outras, indica simplesmente erros no processo de medição.

Ao realizar um grande número de medidas de uma quantidade supostamente invariante, observa-se que as leituras individuais não são idênticas. Tais variações devem representar as influências de diferentes tipos de erros, tais como: a precisão do equipamento utilizado, sensibilidade do observador e a eliminação da contribuição de parcelas consideradas teoricamente desprezíveis. A análise estatística propõem-se a estabelecer o valor mais provável da grandeza medida e obter uma indicação de sua confiabilidade.

A formulação matemática para análise estatística de dados experimentais é objeto de diferentes publicações [1, 3]. A conceituação de média, valor mais provável, desvio padrão, erro sistemático, erro estatístico e rejeição também são analisados nessas referências.

Normalmente, na manipulação com dados experimentais exige-se a determinação de uma correlação que dá origem aos pontos observados com a maior probabilidade. Para montar expressões analíticas que correspondam a essa expectativa deve ser usado o método dos mínimos graduados [3].

### 2.2 Análise dimensional

A análise dimensional, no ponto de vista de uma ferramenta analítica, é desenvolvida a partir das considerações de dimensões em que cada uma das quantidades envolvidas são expressas. É baseado em dois axiomas:

**AXIOMA 1** — Igualdades numéricas absolutas de quantidades existentes somente quando estas são qualitativamente similares.

**AXIOMA 2** — A razão das grandezas de duas quantidades é independente das unidades usadas, desde que se tenha unidades compatíveis.

A análise dimensional desenvolvida desses dois axiomas, é baseada na relação que deve existir entre variáveis envolvidas devido às suas dimensões, e difere de outros tipos de análises, baseadas nas leis de Newton ou outras leis naturais. A análise dimensional, por si só, fornece informações qualitativas de um fenômeno, mas quando combinada com procedimentos experimentais, resultados quantitativos podem ser obtidos.

As aplicações da análise dimensional em engenharia são:

- Classificação de equações e indicação de suas generalidades.
- Conversão de equações e dados de um sistema para outro.
- Desenvolvimento de equações.
- Sistematização de coletas de dados em um experimento e redução do número de variáveis que devem ser investigadas.
- Estabelecimento dos princípios de modelagem, operação e interpretação.

Com relação a aplicabilidade e com base na análise dimensional, as equações podem ser classificadas em homogêneas e não homogêneas. As equações não homogêneas são aquelas cujas parcelas que compõe a mesma não são idênticas ou com a mesma característica dimensional, enquanto que nas homogêneas esta igualdade é encontrada. As equações homogêneas podem, por sua vez, ser restritas e gerais. As gerais são válidas em qualquer sistema de medida e as restritas apenas para um sistema particular. Outra grande utilização da análise dimensional é a conversão do número de unidade de um sistema para outro, muito utilizado na prática de engenharia. As demais aplicações da análise dimensional serão abordadas nos itens seguintes.

### 2.3 Determinação de equações dimensionais

Como foi mencionado no item anterior, qualquer quantidade pode ser expressa em termos das quantidades primárias. Desta forma, sendo A uma quantidade secundária, a mesma pode ser expressa em termos das quantidades primárias  $a_i$ . A relação entre A e as quantidades primárias estão relacionadas pela função, ou seja:

$$A = f(a_1, a_2, a_3 \dots a_n) \quad (1)$$

Pode ser mostrado analiticamente [1] que a quantidade A é dada por:

$$A = C_a a_1^{x_1} a_2^{x_2} a_3^{x_3} \dots a_n^{x_n} \quad (2)$$

onde

- A — grandeza da quantidade secundária
  - $C_a$  — coeficiente adimensional
  - $a_1, a_2 \dots a_n$  — número que representa a grandeza das quantidades primárias
  - $x_1, x_2 \dots x_n$  — números a serem determinados
- A equação (2) indica que a quantidade secundária A é expressa em função de um coeficiente adimensional  $C_a$  multiplicado pelo produto das quantidades primárias pertinentes elevados a expoentes

apropriados. A validade da equação (2) não implica em  $a_1, a_2, a_n$  serem quantidades primárias. Na verdade, A pode ser expressa em função da combinação das quantidades primárias  $a_i$ , enquanto que o coeficiente  $C_a$  é função dos grupos de variáveis que influenciam o fenômeno.

### 2.4 Sistematização de coletas de dados.

A determinação das equações através da análise dimensional (eq. 2), permite, como já mencionado, uma análise qualitativa do fenômeno físico. Quase sempre, é necessário recorrer a testes experimentais para um completo entendimento do fenômeno em estudo, que constituem muitas vezes na determinação do coeficiente  $C_a$  ou mesmo alguns expoentes  $x_i$ . As técnicas utilizadas para minimizar ou mesmo sistematizar a coleta de dados experimentais estão baseados na determinação de grupos adimensionais, denominados Pi-termos e designados por  $\pi_i$ , de tal forma que a equação (1) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3 \dots \pi_s) \quad (3)$$

onde

- $\pi_i$  — grupos adimensionais compostos de quantidades envolvidas no fenômeno.
- s — número dos grupos adimensionais.

O número de grupos adimensionais, ou Pi-termos, requeridos para expressar um fenômeno, é determinado pelo Teorema de Buckingham. Este teorema diz que "se uma equação envolvendo k variáveis é uma equação completa, esta equação pode ser reduzida em k-p números independentes e adimensionais, onde p é o número das variáveis primárias". Logo, o número dos grupos adimensionais ou Pi-termos é dado por  $s = k-p$ .

O procedimento para encontrar os Pi-termos está fundamentado na determinação das equações dimensionais (eq. 2), onde as quantidades primárias  $a_i$  são substituídas pelas quantidades  $\mu_i$  envolvidas no fenômeno, onde  $\mu_i = L^{a_i} M^{b_i} T^{c_i}$ . Desta forma e com base na equação (2), m equações lineares com k incógnitas podem ser obtidas [1]. Considerando que p das incógnitas podem ser expressas em função das outras k-p e desde que o determinante dos coeficientes das m incógnitas selecionadas sejam diferentes de zero e os k-p termos forem considerados constantes, as p equações devem ser independentes. Desta forma, s expoentes podem ser determinados através da solução destas equações acarretando a determinação dos s Pi-termos.

Considerando que todo fenômeno pode ser expresso na forma da equação (3), é sempre possível determinar a variação de um Pi-termo em função de um outro, mantendo os demais constantes. As equações finais obtidas, são chamadas equações componentes. Sob certas condições, as equações componentes podem ser combinadas para obter a equação final, sendo estas combinações por multiplicação ou adição. Estas condições são analisadas de forma clara e simples na referência [1].

### 2.5 Teoria de modelos

No estudo de um determinado problema, tudo que o engenheiro necessita são indicações das variáveis e o seu relacionamento. Nestas circunstâncias, um modelo pode fornecer informações de uma forma rápida e econômica. Por definição, "um modelo é um sistema que é tão relacionado com o sistema físico que observações feitas no modelo podem ser usadas por prever corretamente o desempenho do sistema físico em todos os seus aspectos". O sistema físico para o qual as observações são feitas é chamado de protótipo.

A teoria geral de modelos pode ser desenvolvida de uma forma simples pela extensão da equação (3), discutida no item anterior. Uma vez que esta é uma equação geral, ela se aplica a um sistema específico como um modelo geral, ela se aplica a um sistema específico como um modelo, ou seja:

$$\pi_{1m} = f(\pi_{2m}, \pi_{3m}, \dots, \pi_{sm}) \quad (4)$$

A equação para prever ou determinar  $\pi_1$  através de  $\pi_{1m}$  é obtida diretamente considerando as condições de projeto ou condições de similaridades definidas pelas igualdades:

$$\begin{aligned} \pi_{2m} &= \pi_2 \\ \pi_{3m} &= \pi_3 \\ &\vdots \\ \pi_{sm} &= \pi_s \end{aligned} \quad (5)$$

o que acarreta a igualdade

$$F(\pi_2, \pi_3, \dots, \pi_s) = F(\pi_{2m}, \pi_{3m}, \dots, \pi_{sm}) \quad (6)$$

Tendo em vista as equações (6) e a equação obtida pela divisão das equações (3) e (4), tem-se que:

$$\pi_1 = \pi_{1m} \quad (7)$$

A equação (7) é a equação preditiva, que deve ser válida se as condições de projeto e operações definidas pelas equações (5) forem satisfeitas.

Freqüentemente não é possível satisfazer todas as condições de projeto e operação para o modelo real. Desta maneira, se uma das condições dadas pela equação (5) através da introdução do fator de distorção  $\beta$  e determinar o fator preditivo  $\delta$ , de tal forma que a nova equação preditiva seja dada pela igualdade:

$$\pi_1 \neq \pi_{1m} \rightarrow \pi_1 = \delta \pi_{1m} \quad (8)$$

Com a aplicação deste desenvolvimento teórico diferentes tipos de modelos, distorcidos ou não, podem ser estudados. Destacam-se entre eles, os modelos estruturais, modelos de escoamento fluido, térmicos, elétricos ou magnéticos e acústicos [1]. Modelos dissimilares não foram abordados neste curso, mas podem ser encontrados nas referências [1, 2].

## 3 ESTRUTURA DO CURSO

O curso foi estruturado de tal forma a fornecer ao aluno os conceitos teóricos básicos da Teoria da Similitude, listas de exercícios sobre os assuntos e oito laboratórios cuidadosamente escolhidos. Nos itens seguintes são abordados os laboratórios aplicados, onde em cada um deles é abordado o procedimento, forma de apresentação, equipamentos a serem usados e sobretudo os objetivos a serem alcançados.

### 3.1 Laboratório 1 — Densidade.

Neste laboratório deve ser obtido um número suficientemente grande de dados para ser traçada a curva da variação da massa com o volume de um líquido e observar o comportamento da função de distribuição. Para tal é necessário dispor de uma balança e um conjunto de beakers graduados. Como resultado é produzido um relatório contendo a tabela de leituras, a média e o desvio padrão relativos aos valores locais e global e a equação da massa em função do volume obtida pelo método dos mínimos quadrados.

Este primeiro laboratório tem como objetivo a uniformização dos conceitos básicos da análise estatística. O estudante deve familiarizar-se com os conceitos de erro, acuidade, média, valor mais provável e desvio padrão. A regressão linear através do método dos mínimos quadrados deve ser realizada manualmente. Deve ser incentivada a necessidade dos cálculos passo a passo considerando que, nos laboratórios seguintes, a análise estatística é consi-

derada como ferramenta de cálculo sendo estimulado o uso de micros computadores na manipulação dos dados experimentais.

### 3.2 Laboratório 2 — Pêndulo Simples.

No presente laboratório deve ser obtido um número suficiente de dados para determinar o efeito do peso e do comprimento do pêndulo em função do período. Para executar a experiência deve ser fornecida uma série de pêndulos (esferas de diferentes diâmetros), cronômetro, escala, paquímetro e balança. Os resultados obtidos devem ser comparados com a equação teórica desenvolvida para pequenas oscilações. Para isso, devem ser plotados os valores do período em função do peso e do comprimento em escalas lineares e logarítmicas. As equações (9) e (10) mostram essas relações e o esquema da Figura 1 define as variáveis. A equação do pêndulo deve ser obtida graficamente a partir das curvas traçadas pelo melhor ajuste dos pontos experimentais.

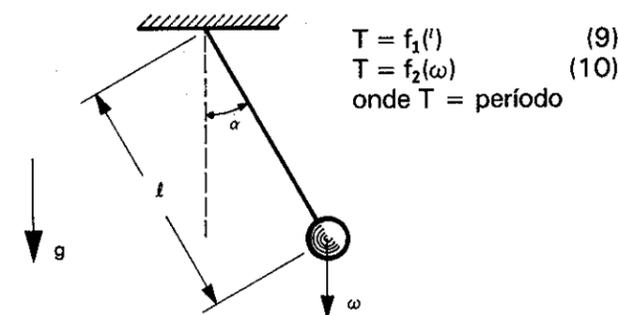


Figura 1 - Esquema do pêndulo

Este laboratório tem como objetivo a determinação experimental da expressão para o período do pêndulo. O procedimento é feito sem a utilização da análise dimensional, exigindo-se, assim, que seja analisado o comportamento de uma variável em função de duas outras, isto é:

$$T = f(\omega, l) \quad (11)$$

### 3.3 Laboratório 3 — Viscosidade

Analicamente podem ser obtidas equações para determinar a viscosidade de líquidos nos viscosímetros denominados de Hoppler e Saybolt. Naturalmente essas equações possuem uma série de restrições teóricas, induzindo a presença de um erro sistemático nos resultados obtidos, sendo necessário executar um processo de calibração da instrumentação para corrigir estas distorções.

O procedimento da experiência necessita de um viscosímetro Hoppler (Fig. 2a), um viscosímetro Saybolt (Fig. 2b) e um banho de controle térmico conforme é mostrado na Figura 2c. São necessários, ainda, becker graduado e cronômetro, além dos líquidos de teste e calibração.

Devem ser realizadas medidas nos dois viscosímetros, com o objetivo de calibrar os instrumentos através de um fluido padrão, de viscosidade conhecida. Como a viscosidade é uma propriedade sensível à temperatura, deve ser observado o seu comportamento com esta variável. O relatório final deve conter a tabela das leituras feitas no laboratório, o processo de calibração com as correlações corrigidas e a variação da viscosidade com a temperatura.

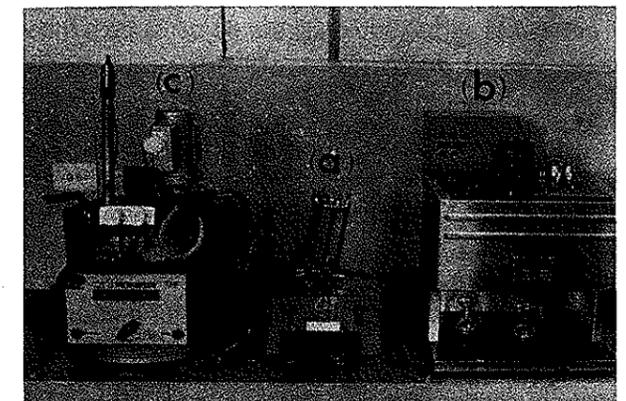


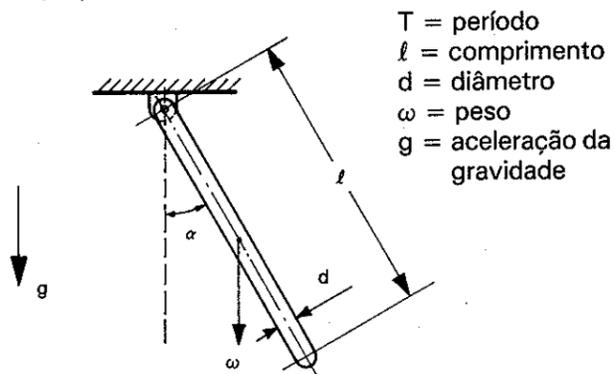
Figura 2 - Viscosímetros Hoppler (a) e Saybolt (b) e banho de controle térmico (c).

O objetivo do presente laboratório é de realizar uma correção empírica sobre uma equação obtida analiticamente onde as principais variáveis envolvidas no fenômeno físico estão presentes na equação. Entretanto, a determinação de uma relação simples e fechada para o cálculo da viscosidade conduz a um erro, por motivos de simplificação, que podem ser corrigidos experimentalmente através da determinação de um coeficiente empírico. Paralelamente poderia ser realizada uma análise dimensional, determinada uma equação de predição e calculado o coeficiente  $C_v$ .

### 3.4 Laboratório 4 — Pêndulo Composto

Neste laboratório deve ser determinado o comportamento do período em um pêndulo composto, em função de suas dimensões. Denomina-se de pêndulo composto a uma barra maciça de seção reta circular, articulada em uma das extremidades, conforme é mostrado na Figura 3.

Para o desenvolvimento da experiência é necessário uma série de barras sólidas, cronômetros, escala e paquímetro. A partir do conhecimento das variáveis envolvidas, deve ser feita uma análise dimensional e obter uma relação funcional para o período, identificando os grupos adimensionais apropriados. Devem ser adquiridos dados suficientes para obter a equação do período pelo método gráfico e por regressão linear, que podem ser comparadas com a equação teórica.



T = período  
 $l$  = comprimento  
 $d$  = diâmetro  
 $\omega$  = peso  
 $g$  = aceleração da gravidade

Figura 3 - Esquema do pêndulo composto.

O objetivo deste laboratório é obter a equação de predição do período de um pêndulo composto, utilizando a análise dimensional, baseado nas variáveis envolvidas, que são:

$$T = f(l, d, g) \quad (12)$$

Convém salientar que os grupos adimensionais podem ser constituídos por quaisquer das variáveis envolvidas. Entretanto, existem aqueles grupos que se mostram mais convenientes quando a redução dos dados é feita de forma sistemática e consciente. Observações como esta simplificam consideravelmente a equação final e melhoram a compreensão física do fenômeno, constituindo parte dos objetivos desse laboratório.

### 3.5 Laboratório 5 — Arraste em escoamento de fluidos.

Com o auxílio da análise dimensional é determinada a força de arraste sobre uma esfera sujeita a um escoamento externo. Para o desenvolvimento da experiência é necessário um conjunto de esferas, paquímetros e um túnel de vento instrumentado, como mostra a Figura 3a. Inicialmente devem ser identificadas as principais variáveis envolvidas. A Figura 3b mostra o esquema de uma esfera sujeita

ao escoamento de arraste com os principais parâmetros envolvidos.

$$\text{onde: } F_a = f(u_o, \rho, \mu, d, \epsilon) \quad (13)$$

$F_a$  = força de arraste  
 $u_o$  = velocidade do fluido  
 $\rho$  = densidade do fluido  
 $\mu$  = viscosidade do fluido  
 $d$  = diâmetro da esfera  
 $\epsilon$  = rugosidade da esfera

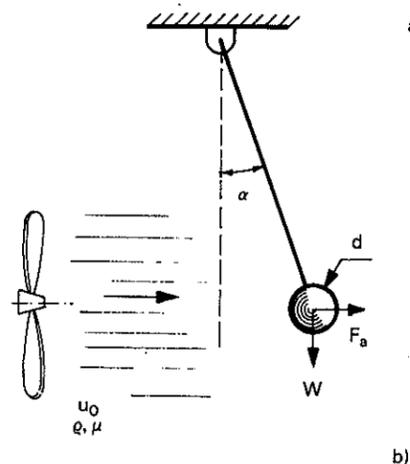
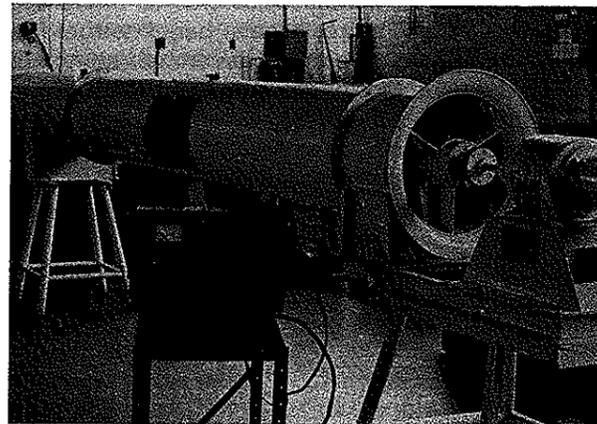


Figura 3 - a) Túnel de vento instrumentado. b) Esquema de uma esfera sujeita ao arraste.

Aplicada a análise dimensional à equação (13) pode ser reduzida na forma da equação (3), ou seja:

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3) \quad (14)$$

onde  $\pi_i$  são os grupos adimensionais obtidos. Deve ser obtido um número suficiente de dados para correlacionar os grupos adimensionais encontrados, de tal forma a permitir a previsão de arraste de esferas em fluidos.

Este laboratório tem como objetivo a perfeita identificação das variáveis envolvidas e a obtenção dos grupos adimensionais adequados. É importante, também, identificar o comportamento da força de arraste com as principais variáveis envolvidas e a obtenção da equação de predição da força de arraste para uma rugosidade superficial fixa.

### 3.6 Laboratório 6 — Vibração de barra engastada.

Neste laboratório deve ser desenvolvida a equação geral para o período de vibração de uma barra engastada. O aparato experimental é constituído de uma série de barras de secção retangular uniforme, de um dispositivo de fixação, escala, paquímetro, cronômetro e estroboscópio. A Figura 4 mostra um esquema de montagem e as principais dimensões envolvidas.

$\tau$  = período  
 $\gamma$  = peso específico  
 $l$  = comprimento  
 $b$  = largura  
 $d$  = altura  
 $E$  = módulo de elasticidade  
 $\tau = f(\gamma, l, b, d, E)$

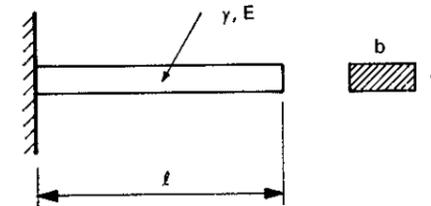


Figura 4 - Esquema do arranjo da barra engastada.

Neste laboratório uma relação funcional entre os Pi-termos é obtida da análise dimensional, representada por uma equação similar a equação (14), e determinada a equação geral do período envolvendo os três Pi-termos. Para isto, fazendo  $\pi_2 = C^{10}$ , os valores de  $\pi_1$  podem ser obtidos em função de  $\pi_3$ . Da mesma maneira, para  $\pi_3 = C^{10}$ , obtêm-se valores para  $\pi_1$  em função de  $\pi_2$ . Desta forma as funções  $\pi_1 = f_1(\pi_3)$  e  $\pi_1 = f_2(\pi_2)$  são lotadas e obtidas as equações componentes. Devem ser feitos os testes para verificar como as equações componentes podem ser combinadas e obter-se a equação geral, que deve ser comparada com a equação clássica teórica.

Este laboratório apresenta como objetivo a determinação da equação de predição quando se apresentam três Pi-termos e exige os testes para verificar como as equações devem ser combinadas.

### 3.7 Laboratório 7 — Descarga de tanques

Neste laboratório deve se analisar um modelo e determinar a equação geral para prever a descarga em reservatórios através de um tubo horizontal. A Figura 5 mostra o esquema do reservatório e os parâmetros principais envolvidos.

Este laboratório pode ser reduzido a três Pi-termos, depois de algumas simplificações, sendo o procedimento para determinar a equação geral de predição similar ao do laboratório anterior. Uma conveniente combinação das variáveis do tanque e um significativo número de dados experimentais permite a obtenção da equação geral para a descarga. Devem ser obtidos resultados para as condições de protótipo, cujos dados devem ser comparados com a equação de predição obtida dos testes realizados sobre o modelo.

$h$  = altura da coluna de água  
 $l$  = comprimento do tubo  
 $d$  = diâmetro do tubo  
 $a$  = posição do tubo  
 $\rho$  = densidade do fluido  
 $\mu$  = viscosidade do fluido  
 $v$  = velocidade da descarga

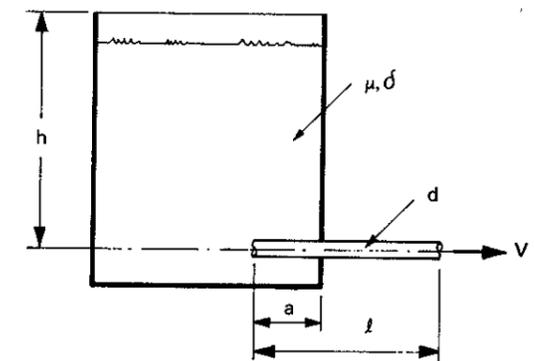


Figura 5 - Esquema do reservatório.

O objetivo deste laboratório é trabalhar a partir de um grande número de variáveis e obter uma equação de predição que deve ser testada com resultados experimentais obtidos para os protótipos.

### 3.8 Laboratório 8 — Deflexão de barras engastadas

Neste último laboratório é determinado o fator de predição para a deflexão do modelo distorcido de uma barra engastada. O aparato experimental é uma série de barras retangulares, um dispositivo de

fixação, escala, paquímetro, peso para aplicação da carga e um dispositivo para medir a deflexão máxima. A Figura 6 mostra esquematicamente a barra engastada e os parâmetros envolvidos.

A análise dimensional permite a determinação dos Pi-termos e a equação (3) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{Y}{l} = f\left(\frac{d}{l}, \frac{b}{l}, \frac{a}{l}, \frac{P}{E l^2}\right) \quad (15)$$

Uma distorção é então provocada no Pi-termo  $\pi_2 = d/l$  e uma série de dados experimentais são obtidos, força versus deflexão, para três barras com variações apenas no parâmetro d. Este procedimento permite a variação do fator de predição em função do fator de distorção. Os resultados experimentais obtidos são comparados com os obtidos da equação teórica.

l = comprimento  
a = posição da força  
b = largura  
d = altura  
P = carga aplicada  
E = módulo de elasticidade  
Y = f(l, a, b, d, P, E)

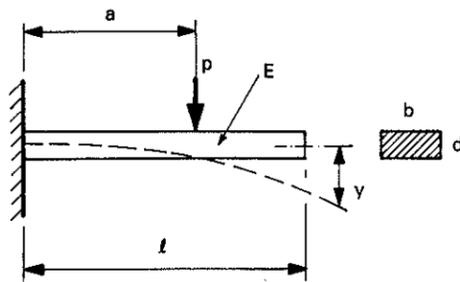


Figura 6 - Esquema da barra engastada.

O objetivo deste laboratório é determinar o fator de predição em função de uma distorção geométrica de um fenômeno físico, permitindo a análise de um protótipo através de observações feitas em um modelo distorcido.

#### 4 CONCLUSÃO

Depois de ter sido ministrado o curso de similitude dentro da metodologia mostrada neste trabalho, as seguintes conclusões foram tiradas:

- Os alunos que tiveram a oportunidade de cursar foram unânimes em afirmar a potencialidade de uma técnica pouco explorada em cursos de engenharia.
- O curso permitiu sanar várias deficiências bem como revisar conceitos de outros cursos, alguns destes conceitos comprovados experimentalmente.
- A obtenção, manipulação, e análise dos dados experimentais de forma sistemática de um fenômeno, incentiva e fortalece o aluno à pesquisa.
- Finalmente, por ter uma carga horária de 4 horas semanais, sendo 2 teóricas e 2 de laboratório, o curso exige do aluno muito trabalho individual.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MURPHY, G., *Similitude in Engineering*, The Ronald Press Com., 1950.
- [2] HOLMAN, J. P., *Experimental Methods for Engineers*, McGraw-Hill, 1971.
- [3] HELENE, O. A. M. e V. R. VANIN, *Tratamento Estatístico de Dados*, Edgar Blücher, 1981.

## SISTEMA DE PROJEÇÃO ESTEREOSCÓPICA COM LUZ POLARIZADA

Nilo Clemente Eick\*  
Maria T. G. de Oliveira Schuck\*\*  
Nelson Amoretti Lisboa\*\*\*

EICK, Nilo Clemente et alii. Sistema de projeção estereoscópica com luz polarizada. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 133-134, 2.º sem. 1985.

Descreve-se um sistema de projeção tridimensional em tela metalizada, utilizando-se projetores e óculos, ambos dotados de filtro polarizadores.

Projeção estereoscópica. Foto-geologia.

EICK, Nilo Clemente et alii. Stereoscopic projection system with polarized light. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2) 133-134, 2nd. sem. 1985.

A tridimensional projection system utilising a metalised screen, slide projectors and glasses — both provided with polarising filters — is here described.

Stereoscopic projection. Photo-geology.

#### INTRODUÇÃO

O Sistema de Projeção Estereoscópica com Luz Polarizada foi desenvolvido para aperfeiçoar o sistema tradicional de ensino de disciplinas de Fotointerpretação. O método tradicional de ensino destas disciplinas baseia-se no estudo estereoscópico individual de estereopares de aerofotos. Nestes estereopares os alunos fazem, individualmente, uma análise e identificação das feições relacionadas ao assunto desenvolvido. Esta análise e identificação das feições relacionadas ao assunto desenvolvido. Esta análise e identificação é realizada a partir de um modelo tridimensional. O método não permite a participação de todo o grupo nas observações de um mesmo modelo estereoscópico. Com o emprego do sistema de projeção estereoscópica com luz polarizada, é possível a visualização do mesmo estereomodelo por todos alunos, simultaneamente.

#### DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PROJEÇÃO ESTEREOSCÓPICA COM LUZ POLARIZADA

Este sistema à semelhança de outros, deve

- \* Geólogo, especializado em Fotogeologia — Standford e Pennsylvania University. Professor Titular de Geodésia/UFRGS.
- \*\* Geóloga, Mestre em Geociências/UFRGS. Professora Assistente do Departamento de Geodésia/UFRGS.
- \*\*\* Geólogo, Mestre em Geociências/UFRGS. Professor Assistente do Departamento de Geodésia/UFRG.

cumprir as duas condições necessárias à percepção visual tridimensional: 1) Imagens diferenciais de um mesmo objeto; 2) A recepção de cada uma destas imagens, separadamente, por cada um dos olhos.

A primeira condição é obtida por um par de aerofotos com recobrimento e a segunda é satisfeita pela aplicação do princípio físico da polarização da luz. Os componentes do sistema são: dois diapositivos com imagens diferenciais de um mesmo objeto, dois projetores dotados de filtros polarizadores e uma tela metalizada.

No caso da reprodução de fotografias aéreas, é suficiente fotografar apenas a área de recobrimento e para facilidade de orientação, os centros e centros conjugados devem estar assinalados nos originais. Os diapositivos são projetados segundo a mesma orientação observada na disposição original do estereopar.

Os dois projetores utilizados devem conter, cada um, um filtro polarizador da luz. Cada filtro deve polarizar a luz a 90° do sentido de polarização do outro. Deste modo as duas imagens projetadas guardarão, cada uma, a mesma direção de polarização determinada pelos projetores. Com a observação da projeção, utilizando-se óculos cujos filtros polarizadores direito e esquerdo coincidam, respectivamente com a direção da polarização dos filtros dos projetores, obtém-se o mesmo efeito tridimensional que o conseguido na observação de um estereopar ao estereoscópio (Figura 1).

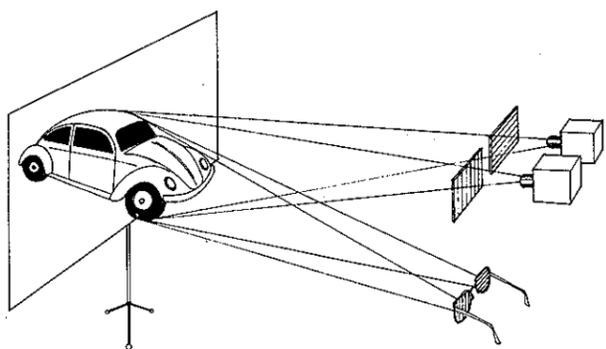


Figura 1 - Princípio da observação tridimensional com filtros polarizadores.

### VANTAGENS E DESVANTAGENS

A vantagem deste sistema em relação ao tradicional, do ponto de vista didático, é possibilitar a um grupo de pessoas ver simultaneamente um mesmo estereomodelo e trocar idéias a respeito fazendo uma análise e interpretação em grupo. O comentário de provas feito individualmente ao estereoscópio, através da projeção com luz polarizada para todo um grupo de alunos, tem se mostrado de grande validade, tornando a prova além de um instrumento de avaliação, uma matéria de aprendizado. As observações mostram que o sistema de projeção com luz polarizada não substitui o método tradicional de ensino com estereoscópio, mas complementa-o.

Um dos inconvenientes deste sistema é que a cada nova projeção, torna-se necessário ajustar as duas novas imagens. Esta renovação freqüente de modelos estereoscópicos pode ser desconfortável para os observadores. Por esta razão, adotamos a utilização do sistema de maneira ponderada e não contínua, ao longo do desenvolvimento dos conteúdos. Outro fator que deve ser levado em consideração é o que diz respeito à posição do observador. Na observação estereoscópica de estereopares de aerofotos verticais, tanto ao estereoscópio como utilizando o sistema de projeção com luz polarizada, a imagem formada apresenta o topo das elevações voltadas para o observador. Se este observador se deslocar para a direita ou para a esquerda da tela, a imagem formada vai apresentar uma impressão de declividade diferente, assim como, também, se o observador estiver mais afastado da tela, o exagero vertical do estereomodelo será maior. Utilizando-se este sistema parcimoniosamente, é possível a cada um observar o mesmo estereomodelo e neste indicar feições a serem discutidas, feições estas que são simultaneamente visíveis ao professor e aos alunos.

A principal limitação do sistema é a impossibilidade de traçado de linhas e símbolos com significado geológico que possam ser projetadas sobre o estereomodelo.

### APERFEIÇOAMENTO DO MÉTODO

Na descrição do sistema de projeção estereoscópica com luz polarizada, assinalamos alguns inconvenientes e limitações do sistema e dentre elas a impossibilidade de traçar linhas e símbolos que também possam ser projetadas sobre o estereomodelo. Para compensar esta deficiência, existe a possibilidade de substituir os projetores de "slides" por retroprojetores de transparências. Esta forma de projeção permite a colocação de um filme transparente sobre um dos diapositivos, no qual podem ser traçados os aludidos símbolos que também são projetados na tela sobre o estereomodelo. Realizamos esta projeção com retroprojetores comuns, que possuem um sistema óptico que deforma a imagem, principalmente nos bordos, ocorrendo a sensação de estereoscopia apenas na área central. Espera-se que esta deformação possa ser corrigida com a introdução de um sistema de lentes de precisão em cada retroprojetor.

Atualmente existe um sistema mais sofisticado de projeção estereoscópica em grupo que é o desenvolvido no ITC, Holanda, (Bengsma, 1979) denominado Multiscope. Neste sistema, cada participante dispõe de um estereoscópio de espelhos modificado, um estereopar e um pequeno aparelho de TV para o qual são transmitidas as informações do professor através de uma câmara de televisão.

### OUTRAS APLICAÇÕES

Este sistema de projeção tridimensional pode ser bastante útil também nas aulas de arte, arquitetura, medicina, odontologia, etc. A técnica a ser observada deve guardar as mesmas características da utilização em fotointerpretação: o mesmo objeto deve ser fotografado de dois pontos distintos e a montagem dos diapositivos deve seguir a mesma orientação que a utilizada para as fotografias aéreas.

### BIBLIOGRAFIA

- BERGSMA, E. Initial development of the ITC Multiscope for Photointerpretation. *ITC Journal*, Enschede, 4:548-566, 1979.
- ROSENFELD, G. H. *Manual of Photogrammetry*. American Society of Photogrammetry, v. 2, 1966.
- WOLF, P. R. *Elements of Photogrammetry*, Wisconsin, USA. International Student Edition, 1974.

## PET — UMA EXPERIÊNCIA DE APRENDIZAGEM E TREINAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL

Maria Cristina V. de Almeida\*

ALMEIDA, Maria Cristina V. de. PET — Uma experiência de aprendizagem e treinamento em Engenharia Civil. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4 (2): 135-137, 2º sem. 1985.

Apresentamos neste artigo o trabalho de treinamento de alunos da graduação em Engenharia Civil, desenvolvido no Centro de Estudos de Engenharia Civil — CESEC da UFPR. Este programa de treinamento, dito Programa Especial de Treinamento, é mantido pela CAPES e representa uma alternativa de tratamento diferenciado de alunos altamente qualificados, visando a criação de futuros pesquisadores e profissionais de alto nível na Engenharia. Descreve-se em linhas gerais a evolução deste programa na UFPR, a sistemática adotada e apresentam-se algumas conclusões da validade desta iniciativa.

PET — Programa Especial de Treinamento. Atendimento diferenciado. Métodos Numéricos.

ALMEIDA, Maria Cristina V. de. PET — An experiment in teaching and training in Civil Engineering. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 135-137, 2nd. sem. 1985.

In this paper we present the main ideas of a special training program for Civil Engineering under graduates, which is being developed at the Federal University of Paraná. This program is sponsored by CAPES and offers specialized assistance to highly qualified students of Civil Engineering. We seek with this program the formation of future researchers and high-level professionals in engineering. We describe the evolution of the PET program at UFPR, its methodology and some conclusions on its effect within the civil engineering school.

PET — Special Training Program. Specialized assistance. Numerical Methods.

### 1 INTRODUÇÃO

Uma das constatações feitas com relação ao ensino universitário brasileiro foi a falta de mecanismos que permitissem um atendimento diferenciado àqueles alunos que apresentassem melhor desempenho acadêmico e disposição para o trabalho intelectual.

Na Universidade Federal do Paraná, a necessidade de atender a essa carência fez crescer e materializar a idéia de criação do Centro de Estudos de Engenharia Civil, que atualmente desenvolve, em conjunto com a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), o Programa Especial de Treinamento — PET.

O PET propõe uma sistemática de aproveitamento do potencial desses alunos e dá condições para que dediquem exclusivamente aos estudos, sob a orientação de um tutor.

Espera-se com isso acelerar a formação de profissionais, docentes e pesquisadores de alto nível, além de contribuir para a melhoria geral de nosso ensino.

\* Tutor PET/Civil — CESEC.

### 2 EVOLUÇÃO DO TREINAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL — UFPR

O CESEC, Centro de Estudos de Engenharia Civil, chamado anteriormente de Núcleo de Estudos de Engenharia Civil (NESEC), congregou de início estudantes de engenharia civil, que orientados pelo Prof. Inaldo Ayres Vieira, atual Diretor do CESEC (Departamento de Construção Civil), desenvolviam um trabalho de aperfeiçoamento nas ciências básicas de engenharia.

Suas atividades iniciaram em junho de 1978 com 06 elementos, formando o grupo I, que durante mais de 02 anos tiveram cursos, palestras e seminários em tópicos de computação eletrônica, cálculo avançado, teoria da elasticidade e álgebra matricial de estruturas.

Em agosto de 1979 iniciou-se o treinamento de um segundo grupo com 08 alunos, do qual teve o grupo I participação ativa na transmissão de conhecimentos e apoio técnico. Já em janeiro de 1980, 02 elementos do grupo I iniciaram curso de mestrado em engenharia civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e em 1981 mais 02 elementos ingressaram no mestrado nas universidades do Rio Grande do Sul e na Stanford University (EUA).

Nos anos de 1981 e 1982 formaram-se mais 02 grupos de estudos, num total de 10 alunos em treinamento e seguindo sempre as mesmas orientações e filosofia iniciais.

Atualmente o CESEC conta com 08 professores, todos mestres, dos quais 05 são elementos dos grupos de estudos originais e o centro atua não só na área de treinamento como também atividades de ensino e pesquisa.

A partir de 1983, o treinamento no CESEC dado a estudantes selecionados do curso de Engenharia Civil, passou a ter o apoio da CAPES, que oferece bolsa de estudos aos alunos e tutor e realiza o acompanhamento e avaliação do desenvolvimento do projeto.

Este programa, denominado PET, Programa Especial de Treinamento, é um dos dois únicos no país na área de engenharia civil, e representa uma experiência acumulada de ensino e pesquisa de engenharia civil.

### 3 SISTEMÁTICA DO PET — CIVIL NA UFPR

Descreve-se nesta seção a metodologia geral de treinamento no CESEC, dentro do PET.

A cada ano são selecionados para o PET, 05 alunos do 2.º ano do curso de graduação em Engenharia Civil. Estes alunos são escolhidos, após uma pré-seleção realizada nos meses de janeiro e fevereiro, onde são analisados além do curriculum escolar, o desempenho nas tarefas alocadas, o interesse pelos estudos, e a capacidade de trabalho. Os critérios para essa seleção são bastante rigorosos pois espera-se que o aluno permaneça 04 anos no programa (do 2.º ao 5.º ano do Curso de Graduação).

Nesses quatro anos de permanência no programa, os alunos são treinados fundamentalmente em Matemática, Computação Eletrônica e Métodos Numéricos para a Engenharia. Por outro lado estimula-se o aprendizado de uma língua estrangeira de caráter universal e a discussão de assuntos gerais não técnicos que possam levar a uma formação mais global do aluno.

O trabalho básico técnico do PET consiste na realização de atividades obrigatórias divididas de maneira diferente durante o semestre e as férias. A divisão considera que o aluno deva maximizar o tempo de permanência no Centro durante as férias e por outro lado, não deva ser sobrecarregado durante o período letivo. Desta forma, adotou-se um programa de estudo dirigido e cursos de baixa carga horária durante o semestre e nas férias, um programa

com cursos e seminários sobre tópicos especiais, dados em caráter intensivo.

No semestre, o trabalho consiste na adoção de um livro texto de leitura obrigatória e na distribuição de listas de exercícios obrigatórios, que deverão ser entregues pelo grupo. A verificação das listas é feita pelo tutor em reunião com os alunos, ou pelo próprio aluno através da distribuição de um gabarito com as soluções. Uma outra forma é o regime de cursos de baixa carga horária semanal, em que a presença é obrigatória e as tarefas distribuídas de maneira a não prejudicar o aluno em seus trabalhos de graduação. A coordenação desse curso fica a cargo do tutor, que escolhe outros professores do Centro ou professores de outros departamentos para ministrar as aulas.

Durante as férias, o programa é desenvolvido sobre o estudo de determinado livro ou curso de caráter especial, com a presença de alunos em horário integral no Centro. Ao final do período, os alunos devem apresentar um seminário sobre os assuntos vistos no curso. Esse seminário consiste em uma aula de no máximo uma hora, onde participam todos os alunos PET'S, e professores do Centro e outros alunos e professores convocados. Além da aula, o aluno deve entregar uma monografia que contém o assunto exposto.

Quanto ao conteúdo do programa desenvolvido, tem-se que, em geral, nos primeiros dois anos, os alunos desenvolvem uma boa base de cálculo diferencial e integral, álgebra linear e computação eletrônica. Com essa formação cremos que o aluno tenha condições de estudar tópicos avançados no ciclo profissional, e que não são vistos na graduação. Assim sendo, planeja-se cursos de programação linear, teoria da elasticidade, métodos dos elementos finitos aplicados à fluídos e estruturas e outros pelos quais o aluno possa a vir se interessar.

Pretende-se ainda que o conteúdo do programa desenvolvido pelo aluno em um ano, seja repetido para os alunos de um ano posterior, para que haja uma retroalimentação quanto à orientação dos alunos e a facilidade de adequação do conteúdo do programa às necessidades do aluno.

Além dessa programação obrigatória, realiza-se uma série de atividades técnicas paralelas que incluem a participação em seminários e palestras de pesquisa, visitas técnicas a locais onde estejam sendo desenvolvidos trabalhos de destaque e ainda a possibilidade de exercício de algumas atividades práticas (desenvolvimento de software, aulas particulares, elaboração de orçamentos, etc).

No sentido de aperfeiçoamento do aluno em as-

pectos de conhecimento mais geral, tem-se procurado fazer um intercâmbio com alunos e professores de Ciências Humanas, e reuniões para discussão de assuntos gerais e para aumentar o nível de relacionamento entre os alunos e desses com o tutor.

### 4 CONCLUSÕES

Analisando-se os efeitos mais imediatos do PET — Civil, pode-se dizer que este promove um aumento acentuado no desenvolvimento e estímulo intelectual dos seus alunos, refletindo no aumento do rendimento escolar e no interesse por atividades de pesquisa. Ainda notou-se o desenvolvimento de hábitos de estudo mais uniformes e métodos de trabalho bastante eficazes tanto para as tarefas do PET quanto para o trabalho da graduação.

Além disso, como o nível teórico alcançado pelos alunos PET é bastante alto, amplia-se a visão geral dos problemas de engenharia e o ferramental ne-

cessário para sua solução, levando o aluno a inovar e buscar soluções mais avançadas para os problemas que lhes são formuladas na graduação.

Quanto à sua influência no ensino da graduação, sentiu-se que o inter-relacionamento dos alunos PET com os demais, ajuda a difundir as idéias do programa e acaba por estabelecer um certo padrão de competência e nível de ensino mais adequados dentro da graduação e a elevar o interesse dos demais alunos pelo trabalho mais sério.

Em termos globais, o treinamento no CESEC nestes 07 anos produziu um número elevado de mestres, alunos em cursos de pós-graduação e profissionais atuantes nas áreas de projeto, construção e informática.

A própria criação do Centro de Estudos como núcleo de pesquisa e ensino, e o efeito multiplicador da capacitação docente e profissional de alto nível, mostram nitidamente a validade desta iniciativa como experiência de aprendizagem e capacitação em Engenharia Civil.

## UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE CÁLCULO NUMÉRICO NA UFSC

Nelcy D. de Araújo\*  
Júlio Felipe Szeremeta\*\*

ARAÚJO, Nelcy D. de; SZEREMETA, Júlio Felipe. Uma experiência no ensino de cálculo numérico na UFSC. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 138-139, 2.º sem. 1985.

Com a utilização de calculadoras programáveis e microcomputadores, torna-se necessária a adequação do plano de ensino de Cálculo Numérico para a formação dos futuros engenheiros. Algumas alterações na metodologia de ensino desta disciplina são sugeridas e feitas algumas recomendações quanto à utilização de calculadoras programáveis.

Matemática Computacional. Ensino auxiliado por computador.

ARAÚJO, Nelcy D. de; SZEREMETA, Júlio Felipe. An experience on teaching numerical calculus in UFSC. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 138-139, 2nd. sem. 1985.

With the increasing utilization of programmable calculators and microcomputers, it is necessary an adequation of teaching plans for numerical calculus instruction at the undergraduate level in engineering schools. Some alterations on the methodology of teaching these subject are suggested and some recommendations made for the utilization of programmable calculators.

Computational Mathematics. Computer aided instruction.

### 1 INTRODUÇÃO

Toda a sociedade brasileira e a Universidade, como reflexo, tem sentido a necessidade de um direcionamento em suas atividades de ensino e pesquisa, face às modificações do mercado de trabalho. É do conhecimento de todos a grande valorização que tem sido dada aos profissionais formados na área de matemática computacional e com isso há a necessidade de que os futuros engenheiros tenham uma formação atualizada nesta área. Por outro lado, devido à rápida expansão na utilização dos microcomputadores, torna-se urgente a adoção de novos métodos pedagógicos no ensino da matemática computacional que permitam levar aos estudantes as notáveis facilidades que os mesmos proporcionam.

### 2 MUDANÇAS NA METODOLOGIA DE ENSINO

Analisando a metodologia de ensino da disciplina Cálculo Numérico em Computadores constatou-se que algumas alterações deveriam ser efetuadas no procedimento atual para minimizar as deficiên-

cias, tornando o ensino mais eficiente e atrativo. As principais deficiências foram encontradas no programa da disciplina, na técnica de ensino, na utilização da linguagem de programação, bem como na bibliografia.

a) Quanto ao programa da disciplina

O programa de Cálculo Numérico adotado, que segue os moldes tradicionais de outras Universidades brasileiras, contém um número muito grande de métodos para a resolução de cada um dos problemas, dificultando por isso, a elaboração e uso de algoritmos pelos alunos, bem como uma análise mais aprofundada das características destes métodos. Propomos a alteração do programa no sentido de reduzir a quantidade de métodos para a solução de um mesmo problema e a inclusão de alguns métodos que solucionem outros tipos de problemas. Devido à maior disponibilidade de tempo resultante desta alteração, o aluno poderá se aprimorar mais na programação e análise detalhada dos métodos abordados.

b) Quanto à utilização de computador

A utilização de um computador central de grande porte para o processamento dos programas, causa dificuldades ao aluno, em função da pouca agilidade no uso de cartões, reduzido número de terminais e falta de contato do usuário com a máquina. Propomos a criação de um laboratório de microcomputadores para o processamento pelo aluno dos programas de Cálculo Numérico, colocando-o desta

forma em contato direto com a máquina. Este contato vem a ser mais um fator de motivação para o aprendizado tanto da matemática computacional quanto do uso dos microcomputadores.

c) Quanto à técnica de ensino

A técnica de aulas expositivas torna o ensino de Cálculo Numérico pouco atrativo, por não exigir a participação direta do aluno na elaboração e experimento dos programas. Com a criação de um laboratório de Cálculo Numérico torna-se viável uma mudança na técnica de ensino no sentido de utilizar aulas teóricas expositivas para a apresentação dos métodos e suas características (convergência, aplicabilidade, eficiência, etc.). Para o teste e uso dos programas elaborados, aulas práticas em laboratório de microcomputadores, sem descartar a utilização de um computador de grande porte. O número de aulas teóricas e práticas é fixado no plano de ensino da disciplina, preferencialmente na proporção de duas para uma.

d) Quanto à linguagem

O FORTRAN IV com compilador WATFIV (linguagem por nós utilizada) apesar de ser uma linguagem poderosa para trabalhos técnicos avançados, não facilita ao aluno principiante o uso de calculadoras programáveis, mini e microcomputadores para a resolução de problemas de Cálculo Numérico. Considerando que o estímulo à utilização destes instrumentos é um meio eficiente de uso e divulgação das técnicas numéricas de resolução de problemas, é necessária a adoção de uma linguagem para microcomputador (como o BASIC, por exemplo) para programação, além da linguagem FORTRAN. Para a viabilização desta proposta é preciso que a disciplina de Cálculo Numérico tenha como pré-requisito, além de matemática e programação FORTRAN, uma disciplina com uma linguagem para utilização de microcomputadores.

e) Quanto à bibliografia

A bibliografia disponível (principalmente em português) na área de Cálculo Numérico na biblioteca da UFSC, apesar de diversificada em número de autores é muito reduzida em número de volumes, para atender à demanda. Para minimizar este problema, o grupo de Cálculo Numérico lançou através da Editora da UFSC uma série didática intitulada "Cálculo Numérico em Computadores" que abrange uma introdução às linguagens de programação L e WATFIV, bem como todos os métodos constantes do atual programa de Cálculo Numérico da UFSC. Esta série foi dividida em fascículos, cuja aquisição pelo aluno se torna acessível, uma vez que a publicação é subsidiada.

f) Quanto à biblioteca de programas

Em função de dispor de pouco tempo em sala de aula e de currículos que sobrecarregam os alunos com muitas disciplinas por período, estes dedicam menos tempo que o desejável para as atividades extra-classe. Neste grupo se enquadram a elaboração e análise de programas dos métodos estudados. Com o objetivo de mostrar ao aluno a versatilidade da utilização do computador e a rapidez de execução, será criada uma biblioteca dos programas dos métodos apresentados, bem como da disciplina, que tenham vantagens em problemas ou situações específicas. Estes programas apresentam instruções para sua utilização, ficando gravados em disquetes à disposição dos alunos. Esta biblioteca será utilizada pelo professor e pelos alunos durante as aulas práticas. Como exemplo de tais programas podemos citar uma rotina completa para a determinação de raízes de um polinômio de grau menor do que cinco por meio de expressões radicais, na rotina para discussão e resolução de sistemas de equações lineares  $m \times n$ , etc.

### 3 CONCLUSÕES

Com os recursos já existentes no CEC, que são: os situados no laboratório de Sistemas de Informação do Departamento, constando de um microcomputador COBRA-305 com duas unidades de disquete e um microcomputador MAXXI-POLIMAX com duas unidades de disquete; e cinco terminais de vídeo ligados ao computador central IBM 4341, foi possível apenas testar a aplicação da metodologia proposta. É necessário daqui em diante, captar recursos para criar um laboratório próprio de Cálculo Numérico, com quantidade suficiente de equipamentos e espaço físico, de modo a estender a aplicação da nova metodologia de ensino a todos os alunos de Engenharia, Física e Matemática

### 4 RECOMENDAÇÕES

Além das sugestões já descritas nos itens anteriores, considera-se de grande importância que os professores de Cálculo Numérico tenham a preocupação de desenvolver nos alunos um espírito mais crítico quanto da utilização de programas em calculadoras programáveis. O que está ocorrendo atualmente é que programas de todas as espécies são divulgados através de manuais e revistas, cuja aplicação pura e simples, é um risco, visto que a análise dos resultados pode ser desastrosa. Esta mesma recomendação vale também para professores de outras disciplinas dos cursos de Engenharia, onde o estudante utilize calculadoras programáveis.

\* Licenciatura em Matemática e Msc Eng. Professora do Departamento de Ciências Estatísticas e da Computação da UFSC.

\*\* Mestre em Matemática. Professor do Departamento de Ciências Estatísticas e de Computação da UFSC.

## ASPECTOS DO ENSINO DE METALURGIA NA USP E UFRGS: PERCEPÇÃO DE DOCENTES<sup>(1)</sup>

Carla Witter\*

WITTER, Carla. Aspectos do ensino da Metalurgia na USP e UFRGS: percepção de docentes. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 140-150, 2.º sem. 1985.

O objetivo do estudo foi analisar as percepções de professores sobre aspectos do ensino de metalurgia. Professores dos departamentos de duas escolas brasileiras de Engenharia (USP e UFRGS) foram entrevistados. Os professores da USP consideraram o desenvolvimento do Brasil como a principal variável a dar condições de desenvolvimento às Universidades, e os professores da UFRGS indicaram as condições de trabalho na Universidade. A integração escola-comunidade foi considerada como boa pelos professores da USP, mas não suficiente pelos professores da outra escola. Outras diferenças foram encontradas e parecem ser conseqüências de diferenças no contexto sócio-econômico das escolas. Este estudo mostrou um aspecto: os professores consideraram muito importante melhorar as condições de ensino, especialmente o currículo.

Ensino de Metalurgia. Estrutura curricular. Integração escola-comunidade.

WITTER, Carla. Aspects of the teaching of Metalurgy at USP and UFRGS: teacher's perceptions. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 140-150, 2nd. sem. 1985.

The purpose of the study was to analyse the perceptions of teachers of aspects of the teaching of metalurgy. Teachers of two departments of two Brazilian Engineering Schools (USP and UFRGS) were interviewed. The teachers of USP considered the development of the country as the principal factor for the University development, while teachers of UFRGS selected the working conditions at the University. The school-community integration was considered to be good by teachers of USP, but not sufficient by teachers of the other school. Other differences were found and appear to be consequence of differences in social and economic contexts of the schools. This study did show on aspect: the teachers considered very important to improve the teaching conditions, specially the curriculum.

Teaching of Metalurgy. Curriculum. Integration school-community.

### 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Ladrière (1977), as relações entre ciência e tecnologia com a cultura nunca foram tão grandes e tiveram efeitos tão diversificados como no século atual. Este fato torna as universidades mais responsáveis pelo produto de sua ação quer a nível de produção científica e tecnológica propriamente dita, quer pela formação da mão de obra mais sofisticada requerida para o desenvolvimento dos países.

Nestas circunstâncias, embora a interação escola-comunidade seja historicamente uma necessidade e uma decorrência do próprio surgimento destas instituições em qualquer de seus níveis [29], é no ensino superior que recai o maior peso e a maior responsabilidade neste setor.

Os cursos de Engenharia têm um papel relevante neste contexto, dado que o produto tecnológico e científico de seus trabalhos, e os profissionais aí for-

mados têm um efeito rapidamente notado pela comunidade, podendo transformar a qualidade de vida da mesma.

O efeito dos cursos de Engenharia, da formação e da atuação do Engenheiro [9, 20], vistos pela sociedade têm também repercussões no próprio conceito que o grande público faz da Ciência, e até mesmo no desenvolvimento deste ensino [23].

De qualquer forma, como bem se depreende do trabalho de Kawamura [9], as escolas de Engenharia têm um papel decisivo na produção científica e tecnológica, formando o pessoal para atuar nos vários contextos sócio-político e econômico.

É relevante neste contexto estudar como as escolas de Engenharia têm assumido estes papéis, especialmente no que tange ao seu relacionamento mais direto com a comunidade em que está inserida. Trata-se de um aspecto que deve começar a ser estudado a nível da formação básica do profissional e constituir parte de todo o programa de ação e pesquisa da própria escola. Desta forma os cursos de Engenharia podem efetivamente assumir o papel que lhes cabe na História da Educação e do país [2].

Infelizmente, mesmo em países onde está bem estabelecida a tradição de pesquisa educacional, não há investigações, com dados precisos, que evidenciem como o ensino superior vem se situando efetivamente, no que tange à interação universidade-sociedade. De acordo com McGovern [12] este aspecto tem sido objeto de um amplo debate, sendo alvo de opiniões contraditórias entre os estudiosos desta área. Uma das posições acredita que as pessoas têm por papel principal o de preservar a instituição através da canalização de seus esforços para as áreas tradicionais de ensino e pesquisa. Outra posição argumenta que estas pessoas devem ser tanto líderes da comunidade como da instituição, tirando a universidade de seu isolamento, colocando-a no mundo real de questões complexas e controvertidas existentes na sociedade. Segundo a opinião de McGovern, a impressão dominante é a de que o ativismo social parece ser um fenômeno recente, possivelmente transitório, na educação superior americana.

Paralelamente, no Brasil, encontramos uma discordância nas opiniões sobre o papel da Universidade. Uns afirmam, com atitude especulativa, que a Universidade deve conservar o patrimônio histórico e enriquecê-lo através das atividades de ensino, estudo e investigação. Outros, mais pragmáticos, acreditam no papel de formador de profissionais qualificados, à preservação, interpretação crítica e síntese do saber existente, sendo centro de investigação científica, a fim de exercer influência sobre a sociedade, atuando cultural e educativamente. Segundo Dallari [5], existem duas preocupações fundamentais: por um lado, a formação de profissionais com sólido embasamento teórico e comprometidos com valores abstratos, como justiça, moralidade, etc.; e, por outro lado, a formação de um profissional a nível técnico para enfrentar com objetividade e espírito prático os problemas do cotidiano.

Entretanto, convém não esquecer o que bem lembra Ausuquo [1], ou seja: "vivemos em uma era de interdependência mundial. Os acadêmicos têm visto a cooperação entre as instituições como uma atividade essencial quando se espera que novas idéias sejam moldadas, especialmente entre as velhas e as novas universidades nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, respectivamente" (p. 1.844).

Nos EE.UU., em todo o país, houve uma proliferação de programas diversificados com uma crescente preocupação na aplicação da Engenharia para servir à humanidade, afinal a Universidade é fruto da sociedade, e nesta atua. Assim, antes da Segunda Guerra Mundial, a equipe de engenharia era básica-

mente constituída pelo engenheiro e pelo desenhista. Durante a Guerra se fez patente a necessidade de assistência científica, o que se acentuou após a mesma, ficando a equipe acrescida de um novo elemento. Este trio perdurou nos anos 50 e começo dos anos 60. Com o lançamento do Sputnik (1957), pela União Soviética, verificou-se a existência de um abismo entre a teoria e a sua aplicação a nível da Engenharia nos EE.UU.. Tentando melhorar este quadro, criou-se nas universidades uma nova graduação que levasse à formação de engenheiro-tecnólogo [3] com quatro anos de duração. A necessidade interdisciplinar torna-se mais evidente a cada dia, sendo de extrema importância para o desenvolvimento tecnológico e científico de um país.

É importante compreender a relação Universidade-Sociedade, pois ambas se modificam de acordo com suas necessidades, como no exemplo acima da criação de um curso de graduação para atender às necessidades da comunidade e, conseqüentemente, a influência da Universidade sobre a Sociedade com a atuação desses profissionais. Tendo em vista que a Universidade é fruto desta Sociedade e atua sobre ela, é relevante conhecer o que a primeira entende de comunidade.

Ney [15] verificou que na literatura sobre ensino superior o conceito de comunidade tem sido variado e também aplicado de formas diversas.

"A literatura sobre educação superior, em geral, tem manifestado particular interesse em comunidade", (p. 7.900) indicando uma preocupação constante com a promoção, o desenvolvimento e a maximização das possibilidades da mesma. Um aspecto básico destacado é o da unidade, derivado do conceito sociológico de coesão entre seus membros, e psicológico de identidade de um com outros, gerando um princípio unificador. As relações na comunidade são prevalecentemente do tipo face-a-face, com alguma intimidade, afetividade e freqüência. Comunidade implica em participação, perspectiva, valores, propósitos comuns, no envolvimento da personalidade total e da integração da comunidade acadêmica com a experiência total de vida. Finalmente, deve haver uma afinidade entre comunidade e aprendizagem, mesmo porque a Universidade é uma estrutura de ensino dentro de uma estrutura maior: a Sociedade.

Nos anos setenta, no âmbito das universidades surgiram dois desenvolvimentos intimamente relacionados mas que geraram muitas discussões e dificuldades conceituais dadas as suas características. Trata-se de educação baseada na comunidade (ou a educação comunitária) e o intercâmbio universitário com a coletividade. Tendo por base uma revisão bi-

(1) Parte do Projeto "Ensino de Engenharia no Brasil. História, Atualidade e Perspectiva" (FAPESP Proc. n.º 81/1846-5).  
\* Bolsista da FAPESP (Proc. n.º 82/0136-0).

biográfica e pesquisa conduzida em seis universidades, Vegama [19] faz uma síntese conceitual. "Educação comunitária é o processo pelo qual a própria comunidade aprende e implementa a aprendizagem. As operações de base comunitária são apresentadas como o modo de operação adotado por uma instituição que conscientemente se dispõe a servir a educação comunitária. As características de operação destacam a capacidade para responder e a flexibilidade do currículo e da equipe." (p. 1855).

É de fundamental importância a integração entre a universidade e a sociedade para promover o desenvolvimento do ensino e do país, bem como a melhoria de vida, para tanto, é mister compreender a relação Universidade-Sociedade.

A Universidade é, ou deveria ser, a principal fonte geradora de inovações. Na área de Engenharia, a partir das pesquisas realizadas em seu seio, a Universidade pode apresentar à sociedade inúmeras contribuições tecnológicas. Quando isto não ocorre a Universidade não está cumprindo integralmente seus papéis e seus deveres para com a sociedade que a gerou e sustenta, além de não estar propiciando condições para o desenvolvimento da criatividade científica.

No Brasil, "a partir da década de 60, iniciou-se uma considerável aceleração no crescimento do País, com a adaptação de novas tecnologias e a construção de obras públicas significativas." [21, p. 20]. Segundo o autor, isto propiciou a expansão na rede de ensino nos anos 70 (de 546 vagas em 1969, para 803 em 1978, segundo relatório do DAU, 1979), criando cursos de formação de tecnólogos, de duração mais curta e de grande objetividade, assim inúmeras inovações tecnológicas surgiram para atender às necessidades do setor industrial.

Todavia, como lembra Mosteller [14] não basta dispor de inovações, é preciso realizar avaliações criteriosas e científicas. É mister que a Universidade se disponha a avaliar sua própria produção e as inovações que gerou, e, ainda que assuma o compromisso social de avaliar as inovações criadas por outras Universidades ou Instituições. Isto deveria ser feito antes da utilização em massa da inovação em uma dada comunidade, deveria ter um caráter experimental prévio.

Porém, as pressões sociais sobre a educação, a exigência da expansão quantitativa do mesmo, fizeram com que a qualidade do ensino universitário caísse, especialmente nas áreas científicas e tecnológicas, mesmo nos países mais avançados, os quais vêm se empenhando em vencer esta erosão,

posto que se está ciente de que um desenvolvimento tecnológico requer no mínimo 10 anos, mas a formação de um pesquisador consome no mínimo 20 anos. Em 1978, segundo Vieira (1980), a expansão do ensino brasileiro atinge a 120 instituições de ensino de Engenharia, com a tendência de criação de novos cursos por instituições particulares. Essa massificação do ensino produziu o rebaixamento da qualidade do mesmo.

As escolas de Engenharia no Brasil formam profissionais que atuam diretamente na sociedade, influenciando na manutenção ou transformação da sua estrutura [9], portanto o papel do engenheiro é de grande importância. Conforme Fantini [7] relata, em um levantamento, em 14 instituições de Ciências e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, 54,5% dos engenheiros ocupavam cargo de chefia; mais de 52% dos engenheiros tinham funções administrativas, contra apenas 1,8% de funções de pesquisa e 30,2% em técnicas. Dessa forma, reafirma-se a importância de estudos e pesquisas na relação Universidade-Sociedade e seus papéis, bem como dos profissionais formados por ela.

De acordo com Vieira [22] muito se tem pela frente a pesquisar quanto ao ensino de Engenharia no Brasil. No presente trabalho a preocupação é também contribuir para descrever parte deste desenvolvimento histórico mais recente.

Conforme os dados acima, estabeleceu-se como objetivos, do presente estudo, os seguintes:

Geral - Análise de integração escola-comunidade do prisma de atuação de duas escolas de Engenharia.

Específicos - Comparar as manifestações de docentes dos Departamentos de Metalurgia da USP e UFRGS quanto:

- às variáveis relevantes ao desenvolvimento das duas escolas;
- ao relacionamento do curso de Engenharia com as empresas;
- à integração escola-comunidade;
- às perspectivas de desenvolvimento do ensino de Engenharia na instituição e no Brasil;
- às perspectivas de mercado de trabalho;
- em relação às experiências de ensino.

## 2 MÉTODO

### 2.1 Referencial Histórico das Instituições

Como o estudo focalizou duas instituições de ensino superior, das quais foram selecionadas pessoas para serem entrevistadas, considerou-se que

alguns informes sobre a história das mesmas poderiam ser de utilidade como referencial para o leitor.

### Escola Politécnica da USP

Este breve histórico apoia-se no trabalho de Martins [11], e informações obtidas em entrevistas com docentes da escola.

A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo foi criada e regulamentada pela Lei n.º 191, de 24 de agosto de 1883, sendo instalada em 1894, no governo do presidente Bernardino de Campos. Foram nomeados, pelo governador, para o cargo de diretor e vice-diretor, os respectivos professores, Dr. Antônio Francisco de Paula Souza e Dr. Luiz de Anhaia Mello. Nessa época havia na Escola quatro cursos: Engenharia Civil, Engenharia Industrial, Engenharia Agrícola e cursos anexos de Artes Mecânicas, sendo os dois primeiros de 5 anos de duração e os últimos de 3 anos.

No fim do ano de 1894 procedeu-se modificações no programa de ensino, dividiu-se os cursos em fundamentais e especiais. O curso fundamental era constituído pelo curso preliminar (1 ano de estudo) e pelo curso geral (2 anos de estudo); a matéria desses cursos formava a base dos conhecimentos necessário ao estudo dos vários cursos de engenharia.

Foram criados seis cursos especiais para formação de: engenheiros civis, arquitetos e engenheiros industriais, cada um com três anos de estudos dependentes dos cursos fundamentais; engenheiro agrônomo com quatro anos de estudos e dependente do curso preliminar; o de mecânico com dois anos de estudos e dependente do curso preliminar, e o de maquinista constituído unicamente pelo ensino prático do curso de mecânico e aprendizagem nas oficinas. Em 1907 houve uma nova organização didática, sendo suprimidos os cursos para a formação de técnicos de grau intermediário, passando a Escola a formar exclusivamente engenheiros.

Desde o início, a Escola Politécnica teve suas atividades voltadas para o ensino experimental e prático, com o imediato desenvolvimento dos trabalhos de laboratório. Assim, já em 1898 começava a funcionar o Gabinete de Resistência dos Materiais, se transformando, em 1927, no laboratório de Ensaios de Materiais, e, em 1934, no atual Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Em 1912, foi criado o curso de Engenheiros Eletricistas, cujos laboratórios foram ampliados posteriormente servindo de núcleo ao atual Instituto de Eletrotécnica, implantado em 1940. No ano de

1926, foi criado o curso de Engenheiros Químicos. Em 1956, com convênio com a Marinha do Brasil, foi criado o curso de Engenheiros Navais.

Com a criação da Universidade de São Paulo (1934), a Escola Politécnica foi a ela incorporada, juntamente com outros estabelecimentos de ensino superior mantidos pelo Estado. A mudança das dependências da Escola Politécnica para o "campus" da Universidade de São Paulo iniciou-se em 1960; assim deixou-se o bairro da Luz pelo Butantã numa área de cinco milhões de metros quadrados; em 1973 acabou de ser transferido o último curso, o de Engenharia Civil.

Em 1972, com a Reforma Universitária, os cursos básicos da Escola passaram a integrar os Institutos correspondentes da Universidade de São Paulo. Dessa forma, os cursos de Matemática, Física, Química passaram para os respectivos institutos, sendo também transferidos os docentes da Escola Politécnica ligados a estas áreas.

Na Poli, o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia surgiu, por volta da década de 40, devido à carência de profissionais nesta área frente ao desenvolvimento do setor industrial. Na década de 30, só existia o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia em Ouro Preto, Minas Gerais. O desenvolvimento industrial, e concomitantemente a Segunda Guerra Mundial, propiciaram a criação do setor Siderúrgico e a inauguração da usina de Volta Redonda (1945). A sociedade passou a solicitar profissionais metalúrgicos. Atendendo à demanda social, em 1960, criou-se, na USP, o curso de formação correspondente, desvinculado da Engenharia de Minas.

A Escola Politécnica, o IPT e a Associação Brasileira de Metais (ABM) apoiaram o desenvolvimento da Metalurgia, impulsionando inclusive o meio industrial brasileiro e, em especial, o do Estado de São Paulo. Eis a influência da Universidade sobre a sociedade, assim, em 1960, com o desdobramento da Engenharia de Minas e Metalurgia, o curso de Metalurgia sofreu uma reestruturação muito grande: disciplinas específicas, desenvolvimento de tecnologia própria, preocupação com problemas nacionais, aperfeiçoamento de técnicas, equipamentos adequados, etc.

Em 1969, a Universidade criou um Regime Geral de Pós-Graduação em todas as áreas, o qual melhorou a qualidade de ensino neste nível, ampliando-se o intercâmbio com universidades estrangeiras, institutos nacionais de ensino, indústrias, etc.

Atualmente a Escola Politécnica continua o desenvolvimento de seus laboratórios, suas pesquisas, dando ênfase às aplicações científicas.

### Escola de Engenharia da UFRGS

Este breve histórico baseia-se no trabalho de Homrich [8] e em entrevistas com docentes da instituição.

A Escola de Engenharia do Rio Grande do Sul foi fundada em 1896, sendo inaugurada no ano seguinte, e reconhecida pelo Decreto Legislativo n.º 727 de 1900.

Em 1898 foi criado um curso de agronomia, pois seus dirigentes percebiam a importância dos problemas relativos à agricultura do Estado. Em 1900, a Escola de Engenharia inaugurou um curso ginásial destinado a atrair jovens para os seus cursos superiores, bem como a formar profissionais de nível médio.

Tendo a atenção voltada para os problemas tecnológicos e econômicos do País, a Escola de Engenharia criou e fez funcionar os seguintes órgãos: "Instituto Borges de Medeiros", ensino superior de Agronomia e Veterinária; "Instituto de Zootecnia", objetivando a formação de técnicos de grau médio para exploração pastoril; "Instituto Pinheiro Machado", ministrando ensino agrícola para formação de operários rurais; "Instituto Parobé", viabilizando ensino técnico profissional para a formação de mestres e contramestres para a construção civil, mecânica, eletrotécnica, etc; "Instituto de Educação Doméstica", dedicado ao ensino profissional feminino de grau médio, e "Instituto Coussirat Araújo", organismo pioneiro dos serviços de Astronomia e Meteorologia do Estado.

Em 1931, ocorreu a legislação da organização do regime universitário em todo o País. Em Porto Alegre, reuniram-se os tradicionais estabelecimentos de ensino superior para formar uma Universidade; dessa forma a Escola de Engenharia passou a ser parte da Universidade Técnica do Rio Grande do Sul.

Em 1936, tornou-se efetiva a criação da Universidade de Porto Alegre, a qual incorporou com o nome de Escola de Engenharia os cursos superiores da então Universidade Técnica do RGS. Dessa forma, a Escola de Engenharia se incorporou à Universidade de Porto Alegre com cursos para formação de Engenheiros Civis, Mecânicos e Eletricistas, e Químicos Industriais, além de outros os quais julgaram conveniente anexar ou criar.

No ano de 1947, a Universidade de Porto Alegre passou a denominar-se Universidade do Rio Grande do Sul, sendo federalizada em 1950. Neste mesmo ano, criou-se a Faculdade de Arquitetura, com o desligamento do curso de Engenheiros Arquitetos da Escola de Engenharia mais o curso de Arquitetura do Instituto Belas Artes do RGS.

"Em 1955, a Escola de Engenharia era constituída pelos seguintes cursos: Eng-Civil, Mecânicos, Eletricistas, de Minas, Metalúrgicos e Químicos, todos com duração de 5 anos, e dos cursos mistos com duração de 6 anos que eram: Engenheiros Civis e Eletricistas, Civis e de Minas, Mecânicos e Eletricistas, Metalúrgicos e de Minas, Mecânicos e Metalúrgicos". (Homrich, 1971, p. 11).

Em 1970, a Escola de Engenharia já mantinha diversos cursos de graduação e pós-graduação. Com a Reforma Universitária de 1972, procedeu-se como ocorreu com a Escola Politécnica de São Paulo, ou seja, os cursos básicos da Escola de Engenharia passaram a constituir os respectivos institutos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na UFRGS, somente em 1948 foi criado o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia, com nuances de Engenharia Metalúrgica, tendo portanto pouca expressão.

Em 1958 foi formado o curso de Metalurgia desligando-se da Engenharia de Minas, modificando-se com a contratação de professores para atender à área de Metalurgia, alterações no currículo, criação de disciplinas adequadas à área, e outras melhorias que se fizeram necessárias.

O curso de Metalurgia foi criado para suprir as necessidades do Estado de obter, no campo metalúrgico, engenheiros especializados. O Rio Grande do Sul tem uma grande reserva mineral em seu solo, portanto, o Estado precisava desenvolver a área metalúrgica, dando ênfase à Engenharia de Transformação e Fundação tanto de ferrosos como não-ferrosos. Dessa forma, em 1962, criou-se o Departamento de Metalurgia. Posteriormente, (1970) surgiu a Pós-Graduação, sendo o ensino voltado para as necessidades tecnológicas regionais do Estado e da Região Sul.

### 2.2 Sujeitos

Da Universidade de São Paulo foram entrevistados três professores do Departamento de Metalurgia, os quais atendiam os critérios pré-estabelecidos como: chefe do Departamento e professores com maior tempo de serviço, ou seja, experiência de ensino. Portanto, foram entrevistados o chefe do Departamento e dois outros professores dentre os mais experientes.

Nem sempre foi possível obter do entrevistado o mesmo volume de informações que se conseguiu com os outros em termos de caracterização. Em síntese, o primeiro destes informantes iniciou suas atividades na USP em 1954 e também exerce atividade na indústria e é titular. O segundo formou-se em 1946, na própria universidade, em Engenharia de

Minas e Metalurgia, tendo anteriormente trabalhado no IPT e ingressado na Politécnica como docente em 1957, hoje é professor titular. O terceiro formou-se na própria escola, em Engenharia Civil (1936) fez curso no estrangeiro, estando trabalhando na instituição há 39 anos, sendo professor catedrático, todos são do sexo masculino e estão na faixa etária acima dos 60.

Os sujeitos da UFRGS foram selecionados pelos mesmos critérios. O primeiro informante formou-se na UFRGS em 1962, fez curso de mestrado no estrangeiro e pós-graduação no ITA e atualmente leciona como titular na UFRGS. O segundo formou-se na UFRGS na área de Química, fez mestrado e doutoramento no exterior e hoje é titular. O terceiro formou-se em 1949, na UFRGS, em Engenharia de Minas e Metalurgia, é professor titular e trabalha na instituição há 30 anos. Todos os professores são do sexo masculino e estão na faixa etária acima dos 40.

### 2.3 Material

Foi utilizado para as entrevistas um gravador da marca National, modelo RQ 2.222M. Foram utilizadas fitas cassetes de 60 minutos. As entrevistas seguiram um roteiro pré-estabelecido, o qual enfocava os seguintes aspectos: caracterização do informante; aspectos da história da Instituição; aspectos da experiência de ensino do entrevistado; e outros aspectos e sugestões. Trata-se de um roteiro que abrange aspectos não focalizados no presente estudo mas que dizem respeito ao projeto "Ensino de Engenharia no Brasil: História, Atualidade e Perspectiva" de âmbito nacional (Processo FAPESP n.º 81/1.846-5) do qual o presente estudo é um fragmento.

### 2.4 Procedimento

Na coleta dos dados procedeu-se da seguinte maneira: foi marcado, antecipadamente, um horário que fosse conveniente para o entrevistado; este contato ocorreu pelo telefone ou pessoalmente. Nesta ocasião, o mesmo era informado dos objetivos da pesquisa. As entrevistas foram gravadas com anuência dos entrevistados. Na entrevista propriamente dita, reintroduziu-se o entrevistado nos objetivos da investigação e seguiu-se o roteiro referido anteriormente.

## 3 RESULTADOS

Os resultados obtidos nas entrevistas com os

professores da USP e UFRGS, referentes às variáveis que contribuíram para o desenvolvimento da Instituição, foram muito dispersos. Tornou-se necessário reagrupar as indicações de variáveis, fornecidas pelos informantes, assim foram criadas categorias e subcategorias, as quais possibilitaram uma perspectiva de conjunto dos dados. Para cada item cada informante podia fornecer mais de uma resposta. Os percentuais foram feitos em termos de número de respostas.

Na perspectiva dos docentes, quanto ao item dos aspectos que contribuíram para o Desenvolvimento da Instituição (Tabela 1), obteve-se 33 indicações na USP e 19 nas UFRGS.

TABELA 1  
Variáveis que mais contribuíram para o desenvolvimento da Instituição

INSTITUIÇÕES	USP		UFRGS	
	F	%	F	%
Características do corpo docente				
- professores antigos	—	—	1	5,26
- titulação (formação, educação permanente)	—	—	3	15,79
- professores de outras universidades	—	—	1	5,26
- pessoal qualificado	2	6,06	1	5,26
Subtotal	2	6,06	6	31,57
Condições de trabalho da universidade				
- criação dos departamentos	1	3,03	1	5,26
- intercâmbio dentro da Universidade	—	—	3	15,79
- Pós-Graduação	—	—	1	5,26
- disponibilidade de recursos	2	6,06	3	15,79
- outros	3	9,09	—	—
Subtotal	6	18,18	8	42,10
Interesse do Estado	1	3,03	1	5,26
Desenvolvimento do País				
- Sócio-Econômico	5	15,15	—	—
- Industrial	19	57,57	2	—
Subtotal	25	72,72	2	10,52
Outros	—	—	2	10,52
TOTAL	33	99,99	19	99,97

Nesta tabela aparecem as cinco categorias criadas, sendo três subdivididas. Permanecem como categorias únicas: o Interesse do Estado, com a porcentagem de 3,03 na USP e 5,26 na UFRGS e a categoria outros teve somente porcentagem na UFRGS de 10,52.

As três categorias subdivididas são relacionadas ao corpo Docente, com 6,06% na USP e 31,57% na UFRGS; condições de trabalho na universidade, com 18,18% na USP e 42,10% na UFRGS e o desenvolvimento do país com 72,72% na USP e 10,52% na UFRGS. A primeira categoria subdivide-se em: professores antigos (5,26% na UFRGS); titulação, sendo atingidas as variáveis referentes a formação, especialização e atualização dos docentes (15,79% na UFRGS); professores de outras Universidades (5,26% na UFRGS) e pessoal qualificado, agrupando professores, técnicos e especialistas (6,06% na USP e 5,26% na UFRGS). Na segunda categoria, obteve-se na USP a porcentagem total de 18,18 e na UFRGS a porcentagem de 42,10. Foram criadas cinco subcategorias: criação dos Departamentos; intercâmbio dentro da Universidade, isto é, entre Departamentos, entre graduação e pós-graduação, entre docentes, etc., pós-graduação; disponibilidade de recursos, ou seja, verbas, laboratórios, equipamentos, etc.; e outros como escola modelo, relação Engenharia e Ciência Aplicada, etc. Foram encontrados os respectivos resultados: 3,03% na USP e 5,26% na UFRGS; 15,79% na UFRGS; 5,26% na UFRGS; 6,06% na USP e 15,79% na UFRGS; e 9,09% na USP.

Na terceira categoria, Desenvolvimento do País, estabeleceu-se duas subcategorias: sócio-econômica com incidência de 15,15% na USP e nula na UFRGS; e na parte Industrial, incluindo-se todos os aspectos referentes à área, com resultados de 57,57% na USP e 10,52% na UFRGS.

Observando-se os resultados acima descritos, percebe-se que na opinião destes docentes as variáveis que mais colaboraram para o desenvolvimento das instituições foram diferentes. Na USP, os informantes enfatizaram a contribuição a nível do desenvolvimento do país (72,72%), em especial na área industrial (57,57%), enquanto que na UFRGS foi mais destacada a área de condições de trabalho dentro da Universidade (42,10%). Depois, encontra-se, respectivamente, na USP e na UFRGS, em ordem decrescente de importância, as seguintes categorias: condições de trabalho (18,18%) e característica do corpo docente (31,57%) sendo enfatizada a titulação dos professores (15,79%); característica do corpo docente quanto a subcategoria pessoal qualificado (6,06%) e a subcategoria desenvolvimento industrial e outros com 10,52%; e como última categoria para ambas as instituições temos interesses de Estado (3,03% na USP e 5,26% na UFRGS).

Para análise dos resultados do item referente às variáveis que prejudicaram o desenvolvimento da instituição, foram estabelecidas cinco categorias. A primeira, Variáveis Administrativas, sendo estas a chefia de professores de outras áreas (Minas) e a vontade dos alunos serem maioria na tomada de decisões; a segunda, Comportamento Docente reuniu todos os aspectos referentes à classe (tempo parcial, falta de dedicação, má-formação, etc.); a terceira, Variáveis Curriculares abrangeu currículos inadequados, falta de organização e falta de integração entre as pós-graduações; a quarta categoria, Carência de Pesquisas, implicou em falta de adaptação de técnicas à realidade brasileira, importação de técnicas, falta de pesquisas nacionais, etc.; a última categoria, falta de Desenvolvimento Sócio-Econômico abarcou todos os problemas ligados a essa área como: excesso de mão-de-obra, de mecanização e sofisticação, falta de indústrias siderúrgicas, altos custos, entre outras.

**TABELA 2**  
Variáveis que mais dificultam o desenvolvimento da instituição

INSTITUIÇÕES	USP		UFRGS	
	F	%	F	%
CATEGORIAS				
– Variáveis Administrativas	1	4,54	1	6,66
– Comportamento Docente	1	4,54	9	60,00
– Variáveis Curriculares	1	4,54	2	13,33
– Carência de Pesquisas	3	13,63	2	13,33
– Falta de Desenvolvimento Sócio-Econômico	16	72,72	1	6,66
TOTAL	22	99,97	15	99,98

Constatou-se, na USP, que a Falta de Desenvolvimento Sócio-Econômico é considerada como o mais importante fator a prejudicar o desenvolvimento da instituição, com o percentual de 6,66.

As perspectivas dos docentes, ao item sobre relacionamento do curso de Engenharia com as Empresas Estatais, Paraestatais e Particulares formaram três categorias, sendo que a primeira, sem informação geral, diz respeito a professores que não emitiram nenhuma opinião sobre este aspecto, tendo ocorrido na USP 3,03% e na UFRGS 2,94%.

As duas outras categorias, Falta de Relacionamento e Relacionamento Positivo, foram subdivididas igualmente em cinco categorias: Empresas Estrangeiras; Estatais; Paraestatais; Particulares e Sem Informação, sendo nesta última reunidos os dados que não permitiram a identificação da empresa.

**TABELA 3**  
Relacionamento do curso de engenharia com as empresas estatais, paraestatais e particulares

INSTITUIÇÕES	USP		UFRGS	
	F	%	F	%
CATEGORIAS				
– Sem Informação Geral	1	3,03	1	2,94
– Falta de Relacionamento				
– empresas estrangeiras	–	–	1	2,94
– estatais	–	–	–	–
– paraestatais	–	–	–	–
– particulares	–	–	–	–
– sem informação	–	–	1	2,88
Subtotal	0	0	2	5,88
– Relacionamento Positivo				
– empresas estrangeiras	–	–	–	–
– estatais	22	66,66	4	11,76
– paraestatais	1	3,03	7	20,59
– particulares	4	12,12	18	52,94
– sem informação	5	15,15	2	5,88
Subtotal	32	96,96	31	91,17
TOTAL	33	99,99	34	99,99

Na categoria Falta de Relacionamento, ocorreu apenas um percentual de 5,88 na UFRGS com uma resposta em empresas estrangeiras e outra sem informação. Na USP, não houve respostas sobre este aspecto. Na terceira e última categoria, Relacionamento Positivo, obteve-se a maior incidência de respostas. A primeira subcategoria, Empresas Estrangeiras, foi a única que não obteve nenhuma resposta em ambas as universidades; na segunda, Estatais, ocorreu 66,66% na USP e 11,76% na UFRGS; na terceira, Paraestatais, 3,03% na USP e 20,59% na UFRGS; na quarta, Particulares, 12,12% na USP e 52,94% na UFRGS, e na última, Sem Informação, 15,15% na USP e 5,88% na UFRGS.

No item referente à integração Escola de Engenharia-Comunidade, foram estabelecidas quatro categorias: Sem Informação Geral, quando o informante não emitiu opinião; Integração Positiva; Integração Negativa e Integração Neutra, aspectos estes considerados mais de cunho informativo que valorativo incluindo respostas como: área de consultoria e atividades com empresas, sem conotação positivas (60%), depois neutras (30%) e só um informante não emitiu opinião (10%). Na UFRGS, constatou-se ausência de resposta de dois informantes (66,66%) e o levantamento de um aspecto negativo (33,33%).

Dos resultados referentes à perspectiva de desenvolvimento e tendências de ensino de Engenharia da Instituição, constatou-se várias sugestões para melhoria de ensino, por parte dos docentes. Os dados foram agrupados em três categorias: Sem Informação Geral; Melhoria das Condições de Ensino, subdividida em Melhoria do Professor, do Currículo (meios de disciplinas) e dos alunos; e como terceira categoria, Adequação às Necessidades Sociais, incluindo os itens referentes ao desenvolvimento tecnológico nacional, problemas sociais, Engenharia e Meio Ambiente, etc.

Nas subcategorias, Melhoria do Professor, do Currículo e dos Alunos, foram, respectivamente, reunidos: conhecimentos específicos entre outros itens relativos a formação do docente; especialização dos laboratórios e aulas práticas, melhoria de qualidade, modificar o curso, base teórica mais adequada e forte, etc.; seleção dos alunos, conhecimentos específicos, entre outros.

**TABELA 4**  
Perspectivas de desenvolvimento e tendências de ensino de engenharia nesta escola

INSTITUIÇÕES	USP		UFRGS	
	F	%	F	%
CATEGORIAS				
– Sem Informação Geral	–	–	1	5,88
– Melhoria das condições de ensino				
– do Professor	8	17,02	–	–
– do Currículo (meios e disciplinas)	17	36,17	9	52,94
– dos alunos	8	17,02	1	5,88
Subtotal	33	70,21	10	58,87
– Adequação às necessidades sociais	14	29,78	6	35,29
TOTAL	47	99,99	17	99,99

Na USP e UFRGS, obteve-se os seguintes resultados, respectivamente: 36,17% e 52,94% na Variável relativa ao Currículo; 17,02% e 5,88% em Melhoria dos Alunos e 29,78% e 35,29% na Categoria Adequação às Necessidades Sociais; tendo apresentado resposta na categoria, Sem Informação Geral, somente a UFRGS (5,88%) e na subcategoria, Melhoria do Professor, somente na USP obteve-se opiniões (17,02%). A categoria que teve maior percentual foi a Melhoria das Condições de Ensino, com 70,21 na USP e 58,82 na UFRGS.

Os docentes da UFRGS não emitiram nenhuma consideração a respeito das perspectivas de desenvolvimento e tendências do ensino de Engenharia no Brasil. Na USP, constatou-se 17 sugestões para

a melhoria do ensino no país: cursos de especialização e atualização, base científica, prioridade em pesquisas do cunho social, ênfase na Pós-Graduação, e outros aspectos.

De modo geral, as onze considerações da UFRGS sobre o mercado de trabalho apontaram para o excesso de mão-de-obra e a recessão no desenvolvimento industrial e geral do país. Na USP, as 17 opiniões emitidas evidenciaram os mesmos fatos.

Durante a entrevista os professores foram solicitados a descrever suas experiências e preocupações com o ensino ao longo da carreira. Foram obtidas 41 respostas entre os docentes da UFRGS e 51 dos docentes da USP. Estas manifestações diziam respeito a: objetivos (UFRGS 16,17%); tecnologia (UFRGS 11,76%; USP 1,17%); materiais e meios (UFRGS 14,70% e USP 9,14%); avaliação (UFRGS 5,88%; USP 4,70%); estágio (UFRGS 2,94%; USP 7,05%); e conteúdo (UFRGS 8,82%; USP 30,58%).

No que diz respeito a preocupações dos docentes quanto à característica do seu próprio comportamento obteve-se 22 respostas entre os que trabalham na UFRGS e 27 dentre os da USP. Suas preocupações ficaram assim distribuídas: experiência de ensino (UFRGS 2,94%; USP 9,41%); flexibilidade (UFRGS 5,88%; USP 2,35%); formação (UFRGS 22,53%; USP 17,64%) e congressos somente na USP obteve-se 2,35%.

Considerando que o tipo de Bibliografia indicada serve de pista para delinear as influências da ciência e tecnologia estrangeira sobre o conteúdo das disciplinas, foram feitas perguntas sobre este assunto. Verificou-se que a língua inglesa é a principal origem dos textos indicados por todos os professores de ambas as escolas. Também aparecem indicações em alemão e francês. A totalidade dos professores da USP indicam revistas nacionais e estrangeiras, sendo que dois disseram indicar também livros. Apenas um professor da UFRGS fez indicações similares.

No relato dos informantes quanto a vida acadêmica na Instituição, um professor da USP não emitiu oposições e a frequência de considerações expostas foram de 24, em ambas as universidades. Tendo ocorrido os seguintes resultados: aspectos positivos do corpo docente (USP 20,83%; UFRGS 8,33); aspectos negativos (UFRGS 12,5%); influência de professores (USP 20,83%); situação sócio-econômica (USP 8,33%; UFRGS 25%); pesquisas e trabalhos (USP 37,5%; UFRGS 25%) e curso de Graduação e Pós-Graduação (USP 12,5%; UFRGS 29,16%).

#### 4 DISCUSSÃO

Conforme os objetivos propostos neste trabalho, foram destacados para estudo os seguintes aspectos, de acordo com as manifestações de docentes dos Departamentos de Metalurgia da USP e UFRGS: (a) variáveis relevantes ao desenvolvimento das respectivas escolas; (b) ao relacionamento do curso de Engenharia com as empresas; (c) à integração escola-comunidade; (d) às perspectivas de desenvolvimento do ensino de Engenharia na Instituição e no Brasil; (e) às perspectivas de mercado de trabalho; e (f) em relação às experiências de ensino.

Os dados obtidos através das entrevistas retratam na USP, a influência do desenvolvimento do país, como aspecto de maior contribuição para o crescimento da Instituição, enquanto que na UFRGS as variáveis mais destacadas foram: as condições de trabalho na Universidade seguida pelas características do corpo docente.

Parece que as condições de trabalho e já superados os problemas de formação, os docentes da USP têm mais possibilidade de preocupar-se com a situação sócio-econômica e industrial do país. Além disso, parecem estar a refletir as condições do próprio Estado de São Paulo onde do desenvolvimento surgiu a necessidade de novas tecnologias e da adaptação destas às exigências da sociedade [21], portanto o desenvolvimento sócio-econômico e industrial afetando diretamente a Universidade. Entretanto, os informantes da UFRGS parecem perceber com maior dificuldade o desenvolvimento da Instituição, as limitações resultantes das características do corpo docente, falta de formação, pessoal qualificado, etc.; bem como as condições de trabalho de um modo geral. É possível que com a resolução destes problemas internos passem a valorizar variáveis externas à Instituição como seus colegas da USP.

Essa divergência de opiniões é possivelmente decorrente do próprio processo histórico das universidades e das regiões geo-culturais em que se situam. Além disso, na UFRGS, a preocupação com o corpo docente e as condições de trabalho se deve também ao êxodo dos seus formandos para outras instituições, centros industriais e empresariais, não permitindo a formação de um pessoal qualificado para atuar na Universidade. Existe, por parte dos professores uma conscientização frente às suas limitações e a necessidade de melhorar o seu desempenho [16].

Em relação às variáveis que dificultaram o desenvolvimento das instituições, observou-se as mesmas considerações dos docentes. Confirman-

do-se as considerações anteriores e indicando uma coerência interna no discurso dos entrevistados.

Nos dados referentes ao relacionamento da Universidade com as empresas, somente a UFRGS apontou para falta de relacionamento. Na USP, o maior percentual de relacionamento ficou para as empresas estatais, enquanto que na UFRGS foi com as empresas particulares. No total prevaleceu a valorização positiva deste relacionamento, sendo a integração escola-empresa vista como forma de desenvolver o ensino e atender às necessidades da sociedade.

No aspecto integração escola-comunidade, os dados levam à reflexão em torno dos apontamentos de Vegama [19], sobre educação comunitária no sentido que a própria comunidade influencia o ensino e aprende com este, isto é, existe um processo dinâmico interligando a universidade à sociedade, de forma a promover o desenvolvimento científico, de pesquisas e tecnologias, que venham a ser úteis para a sociedade; e na sociedade, transformação da qualidade de vida, das estruturas sócio-político-econômica, etc. (Kawamura, 1979).

A preocupação com a formação do corpo docente foi constatada no item referente ao desenvolvimento e tendências do ensino de Engenharia nestas instituições. Tornou-se evidente a preocupação por parte dos docentes quanto a aspectos ligados ao professor, aos currículos e ao aluno. Segundo Rêgo [16], há necessidade de conhecimento técnico pelos professores, de cursos de atualização e especialização, mesmo em termos de aprendizagem de tecnologias de ensino. "De fato, este conhecimento pode levar a um desempenho altamente sofisticado e eficiente" (Amarante *apud* Rêgo, 16, p. 142).

Ainda, neste item, houve na subcategoria Adequação às Necessidades Sociais percentuais expressivos enfatizando mais uma vez a importância do relacionamento entre escola e comunidade em consonância com o exposto na introdução deste trabalho. As considerações sobre o desenvolvimento e tendências do ensino no Brasil enfatizam o que foi dito acima: necessidade de melhoria de ensino visando a integração social.

Os dados referentes a experiência de ensino evidenciaram preocupação com o aperfeiçoamento do ensino, englobando aspectos do corpo docente, do corpo discente, dos recursos materiais e meios, da tecnologia de ensino, do conteúdo, da bibliografia utilizada, etc. Estes resultados são similares às preocupações detectadas por Rêgo [16] entre professores de Engenharia da UFPb.

Constatou-se a preocupação com a formação de engenheiros [9, 20] e sua atuação como profissionais, pois "dentre os objetivos das escolas de ensino superior, destaca-se a preparação de mão-de-obra qualificada para engajar-se na força de trabalho" [19, p. 142]. Assim, busca-se a melhoria do ensino através: de transformações nos currículos; conteúdos mais adequados às necessidades do meio; pesquisas de cunho social; retirada das apostilas e exigência na leitura de livros estrangeiros, principalmente na língua inglesa; cursos de atualização e especialização; criação de pós-graduação; estágio obrigatório nas empresas, etc.

Em termos de contato com a comunidade científica, em ambos os casos prevalece a comunicação em língua inglesa, possivelmente por ser a língua mais utilizada nas ciências e na tecnologia. Sendo assim, esta condição de ensino apenas é um reflexo das relações de desenvolvimento entre ciência, cultura e tecnologia, as quais ao longo da história privilegiaram a referida língua como veículo preferencial de comunicação.

Concluindo, todos os aspectos levados apontam em uma direção: escola-comunidade. É evidente a necessidade de integração entre a escola e a comunidade, a Universidade fornecendo recursos humanos capazes de serem úteis à sociedade, e esta abrindo possibilidade para esses futuros profissionais atuarem.

As opiniões dos docentes tenderam à semelhança neste aspecto geral. As diferenças na forma de relacionamento escola-comunidade e tipo de empresa com que interagem parecem estar condicionadas às condições de desenvolvimento das escolas e das regiões geo-econômicas e culturais em que se inserem. Há necessidade de outras pesquisas para o esclarecimento destes aspectos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ 1 ] AUSUQUO, A. O. — Linkages in higher education between developed and developing nations: a review of the links between American and Nigerian Universities. *Dissertations Abstracts International*, 1979, 43(6): 1844-1845A.
- [ 2 ] BRAYSON, L. P. — A Brief History of Engineering Education in the United States. *Engineering Education*, 1977, 12:246-264.
- [ 3 ] CARR, B. W. Engineering Technology in America — the status in 1979 in comparison with the status in 1959. *Dissertations Abstracts International*, 1980, 41(2): 546-547A.

- [ 4] CORDEIRO, J. S. — O ensino de Fenômenos de Transporte na Engenharia Civil. *Revista de Ensino de Engenharia (ABENGE)*, 1982, 2(1): 63-66.
- [ 5] DALLARI, D. A. — Sociedade, profissão e direito. *Suplemento Cultural do Estado de São Paulo*, 1977, 52:5.
- [ 6] DAU — Curso de Engenharia — Oferta de Engenheiros. *Relatório do DAU*, 1979.
- [ 7] FANTINI, T. L. M. — O Desenvolvimento das habilidades comportamentais do estudante de Engenharia: uma experiência e uma proposta de trabalho para o curso de Engenharia da UFMG. *Revista de Ensino de Engenharia (ABENGE)*, 1982, 2(1): 67-70.
- [ 8] HOMRICH, O. M. — *Anais do 75.º Aniversário da Escola de Engenharia (1896-1971)*. Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul — MEC, 1971.
- [ 9] KAWAMURA, L. K. — *Engenheiro: Trabalho e Ideologia*. São Paulo, Editora Ática, 1979.
- [10] LADRIÈRE, J. — *Os Desafios da Racionalidade: O desafio da ciência e da tecnologia às culturas*. Tradução do original francês de 1977 por H. Japiassu. Petrópolis, Editora Vozes, 1979.
- [11] MARTINS, J. A. — *Catálogo de Cursos — 1979: Escola Politécnica*. São Paulo, EPUSP, 1979.
- [12] McGOVERN, J. H. — College Presidents and community leadership: Brown University 1764-1897. *Dissertation Abstracts International*, 1976, 36(10): 6.908-6.909A.
- [13] MEZAMONTALVO, M. F. — Comparing audiovisual to traditional agricultural engineering instruction in Brasil. *Dissertation Abstracts International*, 1981, 41(9): 3.907A.
- [14] MOSTELLER, F. — Innovation and evaluation. *Science*, 1981, 217(4.485): 881-886.
- [15] NEY, M. G. — Toward a concept on community in higher education. *Dissertations Abstracts International*, 1976, 36(12): 7.900A.
- [16] RÊGO, M. C. M. S. — *Formação e Desempenho Didático-Pedagógico dos Docentes dos Cursos de Engenheiros da UFPb — Campus I*. Tese de Mestrado em Educação apresentada ao Instituto de Educação da UFPb, João Pessoa, 1983.
- [17] SANTOS, R. R. — Engenharia: do pulsar à supernova. *Suplemento Cultural do Estado de São Paulo*, 1977, 52: 4-5.
- [18] SAVELLI, M. — Instituto de Engenharia: 60 anos de História. *Suplemento Cultural do Estado de São Paulo*, 1977, 52: 3-4.
- [19] VEGAMA, W. T. — The relationship between community-based education and collective bargaining in the community college. *Dissertations Abstracts International*, 1982, 43(6): 1.855A.
- [20] VETTER, B. M. — Women Scientists and Engineers: Trends in Participation. *Science*, 1981, 214(18): 1.313-1.321.
- [21] VIEIRA, R. C. C. — *Tendências do Ensino de Engenharia*. Palestra proferida no CREA/SP, 1978.
- [22] VIEIRA, R. C. C. — *Curso de Engenharia: Estruturas Curriculares*, Brasília, D. F. MEC/SESU, 1980, 1 e 2.
- [23] WALSH, J. — Engineering Education Under Stress. *Science*, 1981, 213(25): 1.479-1.480.
- [24] WITTER, G. P. — Integração Escola-Comunidade. In *Sec. Municipal de Educação do Município de São Paulo. Temas Educacionais (Ciclo de Conferência, 1979)*. São Paulo: Publicação SME, 23, 1979.

## DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM A CRIATIVIDADE, E DE COMO ACOLHÊ-LA NO ENSINO DA ENGENHARIA

Jorge de Mello e Souza\*  
Carlos José Corrêa\*\*

SOUZA, Jorge de Mello e; CORRÊA, Carlos José. Dos principais fatores que influenciam a criatividade, e de como acolhê-la no ensino da Engenharia. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 151-156, 2.º sem. 1985.

Pode-se melhorar de forma significativa a vida e aprofundar o conhecimento existente sobre o mundo e o homem com descobertas e técnicas novas. As pessoas capazes de propor novidades meritórias possuem desenvolvidas as qualidades criativas em todo o processo educativo. Estudam-se as variáveis mais importantes no surgimento do ato criador, e como podem ser implantadas nas técnicas de ensino. Há resistências e entraves para a adoção de coisas novas, mesmo as mais vantajosas. Termina-se com um apanhado de tais óbices.

Criatividade. Rotina. Espírito crítico. Inconsciente. Ensino.

SOUZA, Jorge de Mello e; CORRÊA, Carlos José. Of the main factors influencing creativity and how to welcome it in engineering teaching. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 151-156, 2nd. sem. 1985.

Human life can be improved significantly and the existing knowledge of the world and men can be deepened with new discoveries and new techniques. People who are able to develop worthwhile new ideas have creative qualities to a high degree. These qualities can and must be encouraged in every educational process. The most important variables of the creative act, while it comes forth, and how they can be implanted in the teaching techniques are studied. There is always a certain amount of resistance and hindrance to implement new ideas, even the most useful ones. At the end those obstacles are studied.

Creativity. Routine. Critical spirit. Unconscious. Teaching.

### 1 INTRODUÇÃO

Neste artigo conceitua-se criatividade, mostram-se as variáveis que mais a influenciam e os processos que explodem em atos criativos.

Aplicam-se estes conceitos ao ensino, mostrando como criar condições em que ocorra o crescimento das faculdades necessárias ao ato de criatividade.

Mostram-se dificuldades para implantar técnicas modernas em educação e descrevem-se os óbices que devem ser transpostos para denctar a rotina reinante.

### 2 O QUE É CRIATIVIDADE?

Um ato é criativo quando é original, tem valor e quem o fez usou habilidades mentais.

Por ato original entende-se aquele que apresenta pelo menos uma das suas dimensões nova. Já um pouco mais difícil é conceituar o valor. Gerações di-

ferentes podem avaliar de modo diverso as inovações introduzidas nas artes, nos costumes, nas ciências. Garrett já afirmou que se Camões tivesse escrito "Os Lusíadas" no seu tempo, não deveria ser lido, pois o recurso de introduzir os deuses da mitologia na ação é detestável. Como porém esta epopéia foi escrita séculos antes, merecia ser lida. O uso de habilidades mentais descarta, dos atos criativos, os meramente casuais. A ciência muito deve ao acaso. Mas é necessário, para o seu progresso, que o pesquisador seja capaz de interpretar o significado do ato aleatório.

Todos desejam a criatividade, pois creditam-se aos atos criativos, nas ciências, nas artes e em outras áreas, os progressos introduzidos e as descontinuidades na melhoria de vida de muitos povos.

No aprendizado, a criatividade aparece sob múltiplas formas: um exemplo bem escolhido que permite aprender mais facilmente conceitos profundos, um recurso utilizado para captar a atenção do discente, uma forma elegante ou humorística de expor um assunto etc.

Considera-se de alta criatividade a ação orientadora de um professor que leva o estudante a redescobrir uma lei; a importância desta ação para o estudante, é enorme. É o início do caminhar do pesquisador que desponta.

\* Professor Titular da Seção de Engenharia Mecânica do Instituto Militar de Engenharia. Ph. D. Rice University.

\*\* Professor da Seção de Engenharia Mecânica do Instituto Militar de Engenharia. Físico (UFRJ) — Eng.º Mecânico (IME).

O percorrer de trilhas já devassadas por outrem traz o sabor da descoberta e encoraja o estudante a explorar com mais segurança as veredas do intangido.

Ou seja, se redescobrir e recriar são atos sem proveito para a coletividade, são de capital importância na "criação dos criativos."

### 3 O ELOGIO DA ROTINA

É preciso não esquecer que o ato criativo de ontem é a rotina de hoje. A rotina portanto nada mais é do que o somatório de experiências, vivências e conhecimentos que uma geração passa para a seguinte. A rotina abarca a quase totalidade dos atos humanos. O sábio surge depois de longa rotina de estudos, e o campeão olímpico muitas vezes é o que mais se destacou nos treinos convencionais. Chesterton já elogiou a rotina do sol, em seu trabalho incessante de levantar-se a cada manhã e pôr-se a cada tarde.

Uma das funções mais importantes do processo de ensino consiste em divulgar os atos criativos, de forma a torná-los rotina. O engenheiro que usa as leis de Newton para resolver um problema de mecânica não foi submetido às vibrações que propagaram no cérebro do cientista inglês quando caiu-lhe a maçã na cabeça. Mas leis que são aplicadas com sucesso há vários séculos dão-lhe uma segurança adicional, uma confiança nos resultados obtidos. Já uma teoria moderna, fruto da genialidade de algum físico, que não passou pelo teste do tempo nem pela crítica dos sábios, merece, provisoriamente, a desconfiança do homem pragmático.

A rotina deve ainda ser considerada essencial quando ligada ao aprendizado de tarefas ou comportamentos repetitivos. Neste caso o espírito criativo pode ser um óbice à consecução de um objetivo.

A rotina é força quando usada para absorver o que existe, no preparo para o ato criativo, ou seja quando interage com este dialeticamente.

A rotina passa a ser prejudicial quando se auto satisfaz e fecha-se a tudo de novo que está nascendo; quando de recusa a crescer e nega a evolução; quando visa a fixar um caminho inibindo ou despreocupando-se com a compreensão do todo, deteriorando a capacidade de pensar.

### 4 OS FATORES QUE INFLUENCIAM A CRIATIVIDADE

Serão estudados alguns fatores, dos mais importantes para a criatividade.

a) *Preparo e estudo.* A História nos fala do famoso estalo de Vieira. Por igual experiência passou o teólogo Suarez. Mas, na longa história dos atos criativos, poucos foram aqueles que ocorreram numa inspiração de momento. O grande mestre no xadrez precisa de dez anos de estudos para atingir esta posição. O compositor, mesmo bem dotado como Mozart, só atinge o apogeu após décadas de trabalho. Outros, como Verdi e Puccini, tiveram de ouvir de seus professores que não tinham talento ou de amargar reprovações humilhantes.

Na literatura brasileira o exemplo de Machado de Assis é impressionante. Seus primeiros romances nada valem. Mas, com esforço e com estudo, foi aprimorado o uso do seu instrumento de trabalho, a palavra, e mergulhando no fundo da alma do homem. O resultado desse longo aprendizado aparece claro nas obras primas que deixou; é impressionante a amplitude da trajetória do nosso maior escritor, que de medíocre passou a gênio.

b) *A descoberta de problemas não formulados.* Há um brocardo que diz: "Queres ficar rico? É só descobrir uma necessidade e depois satisfazê-la." Plagiando o brocardo: "Queres ser criativo? Procura um problema que ninguém tenha descoberto e resolve-o".

É preciso ter um presente que formular o problema já é ter dado um avanço enorme; quando os matemáticos colocam tempo e esforço para garantir que um problema está bem formulado, estão avançando na sua solução.

Se um professor constata que um aluno seu não progride como deveria, pode ter ou não um problema pedagógico e enfrentar. Se o atraso do aluno for causado por vadiagem ou falta de tempo para estudar, é normal. Se o aluno porém usa os meios adequados e tem conhecimento prévio necessário então há um problema pedagógico. A formulação deste problema já direciona a sua solução.

Assim como Le Verrier descobriu Netuno por perturbações na órbita de Urano, desvios no resultado esperado podem conduzir a reviravoltas nos conceitos e técnicas. A importância do trabalho de Pavlov não foi a de ter verificado mudanças nas salivções dos cães, fato que o seu assistente deve ter percebido, mas de ter descoberto, nestas mudanças, uma correlação a ser explicada.

Alerta-se também da importância dos antiprobemas. Porque o aluno X tira sistematicamente as melhores notas? Porque o engenheiro Y conseguiu subir rapidamente na Empresa em que trabalhava?

Os antiprobemas nada mais são do que pistas que permitem alcançar um conhecimento mais amplo sobre os estranhos caminhos que levam ao sucesso; por sucesso entende-se aqui a solução de um problema de cálculo das variações: com um mínimo de "meios" obter o máximo de "vantagens".

c) *Espírito crítico ou inquiridor.* Muitos professores de engenharia lecionam suas disciplinas como se dessem o retrato acabado da realidade física que se propõem descrever. Aos alunos caberia a tarefa de mirar o painel exposto e deglutir-lo da maneira mais agradável possível. Não há espaços para dúvidas, perplexidades, aproximações ou avanços. Tais espaços são convenientemente bloqueados por uma exposição dogmática, por regras empíricas de valor duvidoso, ou por teorias que tem seus méritos realçados e suas fraquezas escondidas. Há quem assim obre inconscientemente.

Tal procedimento estiola o espírito crítico, enfraquece a capacidade do aluno em criar pontos de interrogação e impede a inclusão de novas dimensões no espaço que está sendo explorado.

Deve-se, ao contrário, abrir os horizontes, mostrar as aproximações, as dificuldades ainda não vencidas, incentivar a crítica. Em disciplinas de projeto, longe de se propor ou impor um procedimento padronizado, devem-se mostrar vantagens e desvantagens das diversas alternativas. Seria de alto interesse didático estudar, ao longo do tempo, as soluções dadas por diferentes povos em diferentes épocas, ao mesmo problema. Mostrar como estas soluções são limitadas pelo conhecimento científico e tecnológico, pelos materiais de que se dispõe e por inúmeros outros fatores. Talvez seja até desejável um pouco de ficção científica, mostrar o que pode ser conseguido no futuro; realçar também o erro de aceitar passivamente, como definitiva, uma solução que em dez anos poderá ser arquivada como obsoleta.

Cabe aqui contar um fato ocorrido com um aluno de pós-graduação que procurou seu professor e disse-lhe:

— Muito obrigado pelo exercício que o senhor passou para fazermos em casa.

Diante do espanto do professor a esta insólita sentença, explicou:

— Já estou farto de resolver problemas em que tenho de usar as equações que estão no livro texto. Desta vez foi diferente. O exercício dizia para construir uma teoria. Pela primeira vez na vida eu descobri as equações, em vez de catá-las no texto!

Ah! A alegria de quem descobre ser capaz de criar! O júbilo deste aluno, ao lhe ser estimulada a fibra criativa e inquiridora só é compreensível a quem já se viu soterrado por toneladas de conservadorismo estéril.

Na verdade é preciso fazer com que o estudante aprenda a pensar. O estudo nada mais é do que uma longa meditação, sobre um assunto, feita pelo estudante sob a orientação do professor. Esta orientação deve visar o fortalecimento das qualidades intelectuais do discente e alargar a sua esfera de conhecimentos. No fim do aprendizado deve poder o discente sozinho, confiante, enveredar por caminhos próprios e construir a sua vida.

d) *Condições sociais.* A criatividade necessita de certas condições para crescer:

- interesse do pesquisador na área que pretende estudar.
- estímulo ao projeto dado pela sociedade, família e amigos.
- tempo disponível para dedicar-se à sua área, livre de outras responsabilidades.

Atrapalham a criatividade:

- falta de educação.
- falta de oportunidade.
- falta de apoio.

É fácil compreender que os valores aceitos por uma sociedade moldam as pessoas e compelem o seu crescimento em certas direções.

Constata-se que a capacidade inovadora de um país varia proporcionalmente ao grau de educação do povo. A política salarial é também muito importante. Se os trabalhos de rotina forem premiados com salários mais altos, estabelece-se um fluxo que tende a esvaziar as áreas de pesquisa e desenvolvimento. Difícil porém, é precisar a política salarial adequada, pois um bom salário para os criativos atrairia um enxame de incompetentes para a sua seara.

As diferenças em capacidade criativa que surgem entre as pessoas estão diretamente relacionadas com diferenças em cultura, educação e oportunidade. Um grupo de baixa criatividade, com o tratamento adequado, aumentará esta qualidade, que não se identifica com raça, sexo ou idade.

e) *O trabalho do inconsciente.* Quando devidamente alimentado pelo estudo, o inconsciente põe-se em ação. Desconhece-se como age, mas subitamente, transborda para o consciente todos os seus achados. Por isto Manuel Bandeira tinha sempre consigo caneta e papel para escrever os versos que o seu inconsciente lhe ditava.

Jorge de Lima escreveu o seu admirável "Invenção de Orfeu" usando largamente o processo hipnagógico. Arquimedes sofreu um empuxo criador de baixo para cima enquanto se banhava e saiu pelas ruas para comunicar ao mundo a sua descoberta.

Hadamard relega as posições secundárias à lógica e o acaso, nas descobertas matemáticas. Acredita que a primazia está nos processos do inconsciente. Soluções espontâneas, súbitas, sem lógica, não calcadas em experiências são as mais ricas. A experiência passada, conquanto importante é capaz de levar o matemático até o saguão da criatividade, mas não ajuda a transpô-lo. Talvez até atue como força inibidora do pulo para o desconhecido. Poincaré é outro que afirma que o lento trabalhar do inconsciente é incontestável.

Gauss, o príncipe dos geômetras, tentou por anos demonstrar um teorema. Conta ele: "finalmente, há dois dias, consegui, não por meus árduos esforços, mas pela graça de Deus. Como o súbito clarão de um relâmpago, o problema foi resolvido. Eu não sei dizer qual o fio condutor que fez a conexão entre o meu conhecimento prévio e as idéias que tornaram possível o meu sucesso."

f) *Resistência a processos lógicos.* Um inconformismo lúcido com os processos lógicos, o bom senso, a ciência consagrada, parece importante para atuar como base do ato criador.

Sob certo aspecto a mecânica newtoniana é mais lógica do que a einsteniana. A aceitação do "magister dixit" parece mais razoável do que a fúria iconoclasta contra tudo o que existe. Mas um mínimo de rebelião contra os princípios aceitos é desejável. A dificuldade a vencer é orientar a força rebelde. Se esta atua sem limites pode destruir o que deveria ser conservado, mudar pelo prazer de mudar, inovar sem qualquer vantagem.

Koestler estudou os trabalhos de Copérnico, Kleper e Galileu. Ficou chocado com a falta de lógica, erros e tolices que encontrou. Mas para grande espanto seu, estas parvoíces serviram, não como obstáculos, mas como meios para a elaboração das teorias destes cientistas.

Como é sabido, Kleper era astrólogo, ganhava a vida fazendo horóscopos e deixou na sua obra exemplos claros de superstição e fé na astrologia. Copérnico mostra nos seus trabalhos mistura difícil de entender do misticismo pitagórico-platônico com o pensamento científico.

Koestler advoga a tese de que as forças que fizeram com que estes homens resistissem ao lógico e ao óbvio foram indispensáveis à elaboração de suas teorias.

## 5 OS PROCESSOS CRIATIVOS

Nos Estados Unidos desenvolveu-se a técnica da tempestade cerebral, destinada a derrubar os bloqueios e liberar as potencialidades criadoras. Um grupo, reunido numa sala, recebe um problema para resolver. Sem temer críticas cada um diz o que lhe passa pela cabeça. Numa reação em cadeia, idéia puxa idéia, e o líder, sempre incentivando, faz com que cada um possa vencer o medo do ridículo ou superar seus mecanismos de censura. As idéias novas despertam nos participantes a imaginação, e são alteradas, corrigidas, melhoradas, superadas, justapostas.

Depois da chuva de idéias, absurdas ou irrealizáveis, loucas ou sensatas, vem, na calma, a apreciação crítica, a avaliação serena.

A criatividade está por demais relacionada com a combinação inesperada de conhecimentos antigos. A sereia ou centauro são conhecidos exemplos de concepções criativas que juntam pedaços de seres existentes.

Einsten já dizia que: "The psychical entities which seem to serve as elements in thought are certain signs and more or less clear images which can be combined. This combinatory play seems to be the essential feature in productive thought."

A poesia nada mais é do que a junção de palavras conhecidas, mas que jamais ninguém esperou vê-las associadas. A força da associação ultrapassa de muito a soma das forças de cada palavra isoladamente.

## 6 A CRIATIVIDADE NO ENSINO DE ENGENHARIA

Muitas técnicas novas tem sido propostas, para inovar o ensino de engenharia. Há uma dificuldade séria em quantificar os resultados obtidos com cada uma; sem dúvida porém estas técnicas consistem em diminuir o número de aulas, que chega mesmo a zero em certos casos.

O sistema educativo personalizado sob orientação segue estas diretrizes. Cada aluno recebe como tarefa aprender um assunto. Quando termina esta tarefa vai ao orientador, que verifica se realmente o aluno aprendeu ou não. Se aprendeu, passa à tarefa seguinte, caso contrário é obrigado a permanecer na mesma tarefa. Com isto o ritmo natural dos alunos é respeitado e desaparece a humilhação por que passa um estudante ao ser reprovado. Os superdotados podem acelerar o seu aprendizado, não sendo confinados por prazos impostos para alunos fracos.

Interessante também é a chamada educação contínua, em que se permite a um estudante, com um pouco mais do que o ciclo básico feito, ir trabalhar como engenheiro. Uma vez que fixou sua vocação e teve um contacto com os problemas que irá enfrentar, volta à universidade e especializa-se na área que escolheu. Periodicamente deve, depois disso, voltar aos bancos escolares, para manter-se sempre atualizado. Com este sistema o número de disciplinas inúteis que são cursadas baixa a um mínimo.

O uso de equipamentos audio-visuais deve tornar o sistema tradicional sem préstimos e modificar profundamente o papel do professor. Este, em lugar de um expositor, passa a ser um guia, um exemplo, um alargador da visão, um construtor do futuro, um desbravador.

É óbvio que há várias condições necessárias para o sucesso destas técnicas. Devem ser usadas nas universidades que estão na vanguarda do ensino, primeiramente em fase experimental. Com os resultados obtidos será possível adaptá-las à nossa realidade. Esse trabalho já começou a ser feito no nosso país.

Há assuntos que não se encaixam em nenhuma disciplina, mas prestam-se a seminários e conferências. Entre estes assuntos estão a história das grandes obras da engenharia, os fracassos e suas lições, os problemas fora do âmbito técnico, psicológicos, sociais, políticos relacionados com obras, etc.

Os estudantes apáticos passam a ter participação ativa no aprendizado e melhoram o seu rendimento escolar desde que propriamente solicitados. Pode-se pedir que melhorem soluções deficientes para certos problemas, que exponham trabalhos que fizeram ou que se posicionem em face de assuntos momentosos ligados à engenharia.

## 7 OS ÓBICES A SEREM TRANSPOSTOS

### A rotina

Os cientistas sociais estudam a velocidade com que o homem pode mudar os seus valores, os seus métodos, os seus hábitos. Acima de certa velocidade as mudanças causam uma inquietação, um desamparo e um medo que são prejudiciais. Mas muitas pessoas, encrostadas em hábitos antigos, afeitas a costumes de antanho, aferram-se no passado e apresentam invencível inércia contra mudanças. Se tais pessoas estão em postos de mando, é toda uma organização que se imobiliza, é toda uma companhia que em vez de marchar, marca passo.

Muitos professores esquecem-se de que devem ser sempre estudantes, que devem estar nas fronteiras do conhecimento para alargá-las, prontos a julgar as novidades e aceitá-las se vantajosas.

A rotina é o caminho seguro do cotidiano. O ato criativo é uma projeção inovadora, uma incursão no desconhecido. Este pulo inclui um risco, já que são muito poucas as inovações que dão certo. Menos de 1% dos desenvolvimentos tecnológicos tem êxito comercial. Assim o criativo tem, antes de tudo, de vencer o seu medo de sair das sendas conhecidas para os espaços inexplorados.

### A legislação

A legislação baliza todo o processo de ensino. A tarefa do legislador, porém, é das mais complexas. Deve distinguir o que é essencial, o que é vantajoso mas acessório, o que é desejável; deve ter bem presente que a lei ou regulamento tanto pode agir direcionando esforços esparsos, como bloqueando iniciativas válidas. Pode impedir a proliferação de vícios de ensino ou atrapalhar a implantação de técnicas desejáveis.

A atual legislação representa um avanço sobre as anteriores. Mas como implantar uma técnica de ensino personalizado quando por lei exige-se um vultoso número de aulas? Como avaliar novas técnicas, se estas contrariam as leis?

Parece que o razoável seria liberar as universidades de vanguarda da legislação, para que servissem como laboratórios de técnicas de aprendizado. Presume-se que os professores seriam suficientemente maduros para não abusarem da liberdade adicional. Afinal de contas, se a responsabilidade de declarar alguém apto para exercer a engenharia cai sobre as universidades, porque não podem estas decidir sobre os meios mais convenientes?

### Reação dos estudantes

Geralmente as turmas preferem técnicas rotineiras de aprendizado: adoção de um livro texto seguido rigidamente, muitos problemas resolvidos em classe, nenhum material acrescentado. Com isto fica bem delimitado o que devem saber.

O professor que tenta abrir horizontes, ampliar os conceitos do livro texto, bosquejar os problemas sem resolvê-los em detalhe, dar ênfase a idéias, desvalorizar caminhos para resolver exercícios, está arriscado a ser considerado péssimo. Se o índice de reprovações for elevado, poderá perder o posto para colegas mais rotineiros.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

É imperioso que a prática se assente em especulações teóricas acertadas. Daí as propostas abaixo:

1. A legislação deve preocupar-se em facilitar o caminho do competente, do criativo. Atualmente a preocupação do legislador é impedir que ignorantes consigam o diploma. Isto pode ser conseguido com outras medidas, que afetam, não o processo didático, mas a verificação do aprendizado.
2. Ao lecionar uma disciplina deve o professor ensinar a fazer análises, comparações e julgamentos. Mas deve além disso projetar o aluno naquele espaço onde são geradas novas idéias e novas ações, não de forma desordenada, mas com lógica e propósito.

## BIBLIOGRAFIA

- HOBEROCK, L. L. "Personalized Instruction in Mechanical Engineering". In: *Engineering Education*, 61 (n.º 6) March 1971.
- KELLER, F. S. "Good-Bye Teacher", In: *Journal Of Applied Behavior Analysis*, n.º 1, Spring 1968.
- KELLER F. S. "Engineering Personalized Instruction in the Classroom". In: *Revista Interamericana de Psicologia*, 1967, 1.
- HAYES, John R. *The Complete Problem Solver*. Philadelphia, The Franklin Institute Press, 1981.
- HADAMARD, J. *The psychology of invention in the mathematical field*. New York, Dover, 1954.
- KOESTLER A. *The sleepwalkers*, New York, Macmillan, 1959.
- ZELBY, Leon. On teaching effectiveness. In: *IEEE Transactions in Education*, vol. E-15 (n.º 1), Feb. 1972.

## O ENSINO DE ENGENHARIA DURANTE O ESTADO NOVO: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA LEGISLAÇÃO

Denise Maria Cavalcante Gomes\*

GOMES, Denise M. Cavalcante. O ensino de engenharia durante o Estado Novo: uma análise através da legislação. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 157-162, 2.º sem. 1985.

O objetivo do presente trabalho, ainda que a nível exploratório, é estabelecer conexões entre as transformações ocorridas na infra e na supra estrutura sociais durante o Estado Novo, e seus reflexos no ensino de Engenharia. Discutem-se primeiramente as transformações ocorridas na estrutura de poder e suas influências na educação em geral. O ensino da engenharia é enfocado a partir da legislação, que se constitui na principal fonte de pesquisa, aliada à bibliografia sobre o período histórico em questão e sobre educação em geral.

Ensino de Engenharia. História. Estado Novo no Brasil. Legislação do Ensino.

GOMES, Denise M. Cavalcante. The teaching of Engineering during the "Estado Novo" in Brasil: an analysis of the Legislation. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 4(2): 157-162, 2nd. sem. 1985.

The objective of the present work, although on an exploratory level, is to establish connections between the transformations occurred in the social substructure and superstructure in Brasil during the "Estado Novo" and its reflections on Engineering Education. Initially the changes occurred in the power structure are discussed, as well as their influence on education in general. Engineering education is focused from the legislation, which constitutes the main source of research data, complemented by a literature survey on history for the period with emphasis on educational in general.

Teaching of Engineering. History. New State. Teaching's Legislation.

## O ESTADO NOVO

### As transformações na estrutura de poder: o advento do Estado Novo

A revolução de 1930, nos parece um marco significativo, pois inaugura uma fase distinta da História do Brasil, que se orienta pela destruição do regime oligárquico, calcado na grande propriedade agrária voltada para a exportação e pelo início de transformações na estrutura de poder que conduziram a uma democracia com participação limitada, a um período de ditadura, que teve o apoio das massas populares urbanas e dos setores ligados à industrialização (1).

A crise que se observa na economia cafeeira na década de 1930 como resultado de uma crise mundial do mercado e da superprodução interna, trouxe implicações na política que sofreu uma renovação com a introdução de elementos novos no jogo de poder (RGS), não mais privilegiando só a economia cafeeira.

A nova situação econômica proporcionou o florescimento do capitalismo industrial através de investimentos ligados ao mercado interno, pois como esclarece Celso Furtado o que acontece é uma transferência para o conjunto da população, dos prejuízos da economia cafeeira, defendendo o nível de emprego em condições de declínio da capacidade de importar (2).

A estrutura de Estado que surge no Brasil nesta época, será de um certo tipo, que conjugando interesses industrialistas e dos setores tradicionais, já que não há ruptura entre o setor industrial e o agro-exportador, proporcionou a industrialização crescente desde 1930 em diante (3).

Para compreendermos a formação do Estado no Brasil, é necessário também verificar o papel da classe média urbana face à derrubada da oligarquia. A classe média aparece como detentora da opinião pública, pressionando no sentido de realizações liberais democratas, constituindo a classe de origem dos líderes radicais (tenentes) dos movimentos dos anos 20; sendo que o ponto culminante de suas pressões contra o regime oligárquico se dá com a revolução de 1930.

O que observamos é que a par da grande força de opinião que conduz à crise do regime oligárquico, a classe média, não possui condições para negar de

\* Historiadora formada pela USP. Pesquisadora da Divisão de Arquivo do Estado de São Paulo — Projeto "História do Ensino de Engenharia no Brasil 1810-1980". Bolsista FAPESP.

maneira radical e eficaz o quadro vigente, mas apenas se redefine perante ele.

Chauí, nos esclarece este aspecto dizendo que tanto do ponto de vista estrutural, quanto do ponto de vista efetivamente histórico, a classe média não pode ser portadora de um projeto político autônomo e que, pelo contrário mesmo quando suas propostas divergem daquelas defendidas pela classe dominante, a divergência não chega sequer a constituir um antagonismo real, de sorte que bem ou mal as classes médias estão atreladas à classe dominante, ou à reboque delas. Isto, devido à sua dependência do bloco no poder sob a hegemonia das classes agro-exportadoras, já que a urbanização é um processo que ocorre à sombra do fortalecimento da economia agro-exportadora. Portanto é ilusório pensar no processo de urbanização como passarela para a possibilidade de autonomia na prática política da classe média (4).

O café apesar de ter sido deslocado do poder político ainda se constitui na base decisiva para a economia; a classe média não possui autonomia política frente aos interesses gerais; os setores industriais não se encontram vinculados aos centros básicos da economia, portanto nenhum desses setores representa a expressão política dos interesses gerais, que poderiam servir de base para a legitimidade do Estado.

A emergência das massas populares se dá neste momento em que a única classe que se torna capaz de fornecer a legitimidade ao Estado é o proletariado (5).

As condições que tornam possível a persistência do poder, nas mãos dos revolucionários de 30, só se estabelecem no momento em que eles se tornam respectivos às aspirações populares e que conseguem mediante uma liberdade relativa frente aos grupos dominantes, ampliar a esfera de compromisso.

O Estado nestas condições, se constitui em uma relação de compromisso com os grupos que são a nova fonte de poder, e também de equilíbrio entre as várias classes dirigentes, encontra-se numa posição de árbitro que decide em nome dos interesses nacionais.

Mas a participação das massas no processo político, tem que ser relativizada, pois ela ocorrerá sempre sob tutela de representantes de alguns dentro dos grupos dominantes. Ela também não se fará nunca pelos grupos dominantes considerados em bloco, os quais sempre viram com maus olhos a ascensão política popular.

A promoção das massas, dependerá das condições políticas criadas com a crise oligárquica e da in-

capacidade das forças sociais que compunham a Aliança Liberal de estabelecer as bases de uma nova estrutura de Estado.

A partir de 1930, sucedem-se várias situações de instabilidade que só terminarão em 1937. São elas a Revolução de 1932, a Intentona de 1935 e a ameaça Integralista que resolve apoiar o golpe de 1937 a fim de garantir uma fatia de poder (6).

A Ditadura, foi uma solução para a consolidação do poder pessoal de Vargas e para a instauração de Estado como soberano perante as forças sociais presentes. A alternativa à Ditadura consistiu no ensaio de ampliação das bases sociais do poder.

Os mecanismos de aquisição e conservação do poder serão múltiplos: a legislação trabalhista; a estrutura sindical atrelada ao Estado; a própria difusão da ideologia através do Departamento de Imprensa e Propaganda; a polícia secreta etc. Tais mecanismos possibilitarão ao Estado abrir-se a todos os tipos de pressão, sem se subordinar exclusivamente aos objetivos imediatos de qualquer delas.

#### EDUCAÇÃO NO ESTADO NOVO

Numa sociedade de classes, torna-se necessário entender o sistema educacional enquanto um produto histórico, cuja finalidade é reproduzir as relações sociais.

De acordo com a conceituação althusseriana, a Escola seria um aparelho ideológico de Estado, encarregado de assegurar a qualquer preço a dominação da ideologia burguesa contra um adversário real: o proletariado.

Utilizando-se de um "corpus" de representações e normas, que fixam e prescrevem de antemão o que se deve e como se deve pensar, agir e sentir, a ideologia burguesa consegue produzir uma universidade imaginária generalizante para toda a sociedade, colocando enquanto comuns os interesses e o ponto de vista particular de uma classe, ocultando assim a divisão de classes (7).

Segundo Baudelot e Establet, a contribuição do aparelho escolar para a reprodução das relações sociais de produção, se dá pela repartição material dos indivíduos em duas massas desiguais, conforme as necessidades do capital. Tudo isso por um só mecanismo, o das práticas escolares (8).

Ainda de acordo com a teoria da Escola Capitalista, elaborada por esses autores franceses, a explicação da estrutura e do funcionamento da escola capitalista deve ser procurada na divisão capitalista do trabalho, na exploração dos trabalhadores, na extorsão da mais-valia, no processo de desqualifica-

ção do trabalho, no desemprego, no exército industrial de reserva, na separação crescente entre trabalho manual e intelectual.

O ponto central da teoria da Escola Capitalista é a existência de 2 redes contraditórias de escolarização: 1 - Rede Primário Profissionalizante (PP), que produz o trabalhador de mentalidade pequeno-burguesa; 2 - Rede Secundário Superior (SS), que produz o burguês inconsciente disso por ideologias. Essa dualidade necessária da escola capitalista, assumiria diferentes formas conjunturais em função das políticas educacionais de curto prazo da burguesia, e do estado das relações de forças políticas.

Durante o Estado Novo, acontece uma tomada de consciência por parte da sociedade política, sobre a importância estratégica do sistema educacional para assegurar e consolidar as mudanças estruturais ocorridas tanto na infra como na super estrutura.

Por essa razão a jurisdição estatal passa a regulamentar a organização e o funcionamento do sistema educacional, submetendo-o assim, ao seu controle direto.

A Constituição de 1937, dá nova feição ao sistema educacional, introduzindo o ensino profissionalizante, previsto antes de mais nada para as classes menos privilegiadas, dispondo ainda que é obrigação das indústrias e dos sindicatos criarem escolas de aprendizes na área de sua especialidade para os filhos de seus empregados (9).

Por ordem do Governo Central são criadas em várias capitais do país, escolas técnicas profissionalizantes destinadas a criar segundo Gustavo Capanema, na moderna juventude brasileira um "exército de trabalho" para o bem da Nação.

Preocupada em formar seus quadros dirigentes, ou ainda "a preparar individualidades que deverão assumir as responsabilidades maiores dentro da sociedade e da nação, os homens condutores, os homens portadores das concepções e atitudes espirituais que serão difundidas nas massas", a burguesia industrial e financeira em ascensão, rejeita o ensino técnico dando preferência ao ensino Secundário marcado pelo cultivo das Humanidades Antigas e Clássicas, com a função de acentuar e elevar a consciência patriótica e humanística (10).

A lei orgânica do Ensino Secundário de abril de 1942, visava preparar uma elite dirigente, significando que os outros ramos do ensino deveriam preparar os que seriam dirigidos. Situa-se aí o dualismo educacional.

Como mostra a teoria da escola Capitalista, com a teoria das duas redes contraditórias, o que acontece no Brasil em termos educacionais durante o Esta-

do Novo é a existência de 2 redes: a) Secundário Superior, b) Primário Profissionalizante, que possuem um caráter estanque, já que elas não tem nenhuma conexão entre si, pois o aluno de um curso técnico-profissional caso quisesse passar para o secundário, teria que começar tudo de novo.

A principal meta deste sistema educacional, é a manipulação das classes subalternas, com a criação das escolas técnicas; isto se dá enquanto um reflexo das mutações ocorridas na infra estrutura econômica, e com a diversificação de produção.

Este sistema se caracteriza ainda por sua dupla função: produzir e reproduzir a força de trabalho para o processo produtivo, e garantir a consolidação e reprodução de uma sociedade de classes, sendo que esta última função é camuflada por meio de uma ideologia paternalista, já que essas "chances educacionais" oferecidas pelas escolas técnicas tem um caráter de dádiva.

#### O ENSINO DE ENGENHARIA NO ESTADO NOVO, COM BASE NA LEGISLAÇÃO

De acordo com a análise de ideologia segundo Chauí, existe uma regra que é tacitamente obedecida, a regra da competência: "não é qualquer um que pode dizer a qualquer outro qualquer coisa em qualquer lugar e em qualquer circunstância" (11).

A função desta regra é decidir de antemão, quais são os excluídos do circuito de comunicação e informação, reafirmando a divisão social do trabalho como algo natural e racional.

No campo da educação, já que os estudantes e professores são excluídos do discurso educacional, pois caso contrário obrigará ao reconhecimento da singularidade do sistema educacional articulado a outras singularidades do sistema capitalista, a única instância que se julga competente, para falar sobre a educação é a burocracia estatal.

Por intermédio dos Ministérios e das Secretarias da Educação, legisla regulamenta e controla o trabalho pedagógico.

A legislação da educação durante o Estado Novo, refletiu uma preocupação em reestruturar o sistema educacional de acordo com as mudanças do sistema. As Leis Orgânicas, desempenham um papel de ordenação na área da educação, estabelecendo articulações entre os diversos ramos do ensino, sendo que o aspecto de maior relevo, foi dado ao ensino profissionalizante.

Em matéria de Ensino Superior, não foram promovidas muitas inovações, a não ser um trabalho de fiscalização, com a introdução em 1938 do Institu-

to da autorização e do reconhecimento de cursos superiores, que possibilitou colocar em execução uma política de correção de irregularidades, como por exemplo a falsificação de diplomas, ausência de condições mínimas de funcionamento das escolas etc (12).

Quanto ao Ensino de Engenharia, percebemos que não escapa a esta tendência do ensino superior em geral.

O material legislativo examinado, demonstra que a maioria dos documentos legais emitidos são sobre autorização de funcionamento e reconhecimento de escolas, e ainda leis sobre modificações nos regulamentos de escolas com um intuito de padronização das mesmas e de estabelecimento de um crescente controle pelo aparelho de Estado.

Ainda que neste período não tenha ocorrido a fundação e instalação de novas escolas, as que já existiam passaram por modificações contidas nestes regulamentos, que demonstram a preocupação em adequar o ensino de engenharia aos objetivos econômicos, a fim de favorecer a expansão urbano-industrial (13).

O que notamos, é que obedecendo a tendência Varguista da concepção do Ensino, as escolas de engenharia passaram a ter uma preocupação mais pragmática em detrimento da orientação teórica e genérica, que possuíam as escolas no período anterior.

Esta ênfase foi dada ao ensino de engenharia mais pragmático, foi a partir da expansão de certos setores tais como o rodoviário, urbanístico, hidrelétrico e de recursos minerais. Também no campo da indústria, se observa uma preocupação em adequar a escola a seus objetivos, ainda que este não conseguisse absorver a mão-de-obra formada pela escola, pois se encontrava num período inicial de incremento. A ideologia pragmática difundida pelos Estados Unidos através de um grupo de empresários e engenheiros, teve considerável influência nas mudanças de orientação das escolas de engenharia (14).

As mudanças que se introduziram nos laboratórios das escolas, com um caráter mais prático orientando-se para a produção industrial, ficam claras no caso do Instituto Eletrotécnico e do IPT, que teve seu caráter mais prático acentuado durante a Revolução Constitucionalista de 1932 e na II Guerra Mundial, com o tratamento do material bélico (15).

Podemos ver como exemplo desta situação um documento legislativo: o Regulamento da Escola Técnica do Exército de 26 de fevereiro de 1940.

O Regulamento dispõe sobre a finalidade da Escola técnica enquanto um instituto de ensino superior, destinado ao recrutamento de engenheiros mili-

tares nos seguintes cursos: Aeronáutica, Armamento e "Fire Control", Construção, Metalurgia, Química e Transmissões.

Existe um plano geral de ensino, que dá os objetivos práticos da escola a serem alcançados em relação a cada curso.

A organização dos cursos é prescrita a partir da distribuição das disciplinas, nota-se a predominância de disciplinas de caráter prático, que devem ser ministradas com o auxílio de laboratórios. As disciplinas de formação humanística são poucas: Psicologia do Engenheiro; Organização Industrial e Contabilidade. A Educação Moral e Cívica aparece como uma das metas da formação e aperfeiçoamento moral e cívico dos alunos.

Outros aspectos tais como as formas de habilitação dos alunos (exames, provas e trabalhos) e os critérios para avaliação, são minuciosamente descritos.

As atividades extra-curriculares, o intercâmbio de escolas, a distribuição do tempo do aluno, a competência dos funcionários de outras instalações da escola tais como Biblioteca e Filmoteca; as matrículas, o comando da escola, o magistério, corpo discente e seu regime disciplinar são aspectos que obedecem a uma rigorosa planificação.

O capítulo IV, nos parece o mais interessante, já que versa sobre os métodos e processos e meios auxiliares de ensino, dispondo sobre a utilização da metodologia, aulas teóricas, trabalhos de laboratórios, exercícios em terrenos, estágios em estabelecimentos industriais, conferências culturais, prescrições que explicitam a preocupação de tornar o ensino mais pragmático do que a fase anterior.

"... Entre teoria e prática deve haver íntima correlação real. Prática livre de empirismos ... não deve haver excesso de teoria; desde cedo deve o aluno entrar em contacto com situações reais... deve-se dar ao ensino todas as oportunidades para a observação... Nas diversas matérias, certas aulas serão substituídas por excursões às grandes org. industriais ... deve haver íntima correlação entre o estudo das matérias fundamentais e das de aplicação" (16).

Mesmo passando por mudanças fundamentais, a concepção do ensino de engenharia durante o Estado Novo, manteve ainda seu caráter elitista. Para freqüentar o curso, o aluno deveria atender a certas exigências, que não seriam possíveis aos membros das camadas populares, como ter conhecimentos de ciências básicas, conclusão de escolas de nível médio e além disso os cursos funcionavam período integral.

TABELA 1  
Áreas de conteúdo da Legislação do Ensino de Engenharia no Brasil 1937/1945

	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	TOTAL
1 Fundação e regulamentação de escolas.										
1.1 Atos de Fundação, reconhecimento e instalação.	1	1	—	2	2	1	—	3	1	11
1.2 Estatutos	1	1	3	4	1	1	—	3	1	15
1.3 Expansão	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4 Outras relativas à instituição	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
2 Professores e Escola de Engenharia										
2.1 Salários e Vencimentos	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
3 Corpo Discente										
3.1 Condições de ingresso e frequência no curso.	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3
3.2 Bolsas, salário e vencimentos.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
4 Verbas										
4.1 Federais	1	1	—	—	—	—	1	—	—	3
5 Outros funcionários	—	—	—	4	1	—	1	1	—	7
6 Outros	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
	3	7	3	10	6	2	3	8	2	43

Esta formação exigida, só poderia ser adquirida por intermédio do ensino secundário de caráter notadamente elitista. A inexistência de conexão do ensino técnico com o superior, aliada a tais exigências, vedava de uma vez por todas a entrada de elementos de classes sociais mais desprivilegiadas nas escolas de engenharia.

Desta maneira o Estado tinha plena consciência, de estar formando uma elite dirigente e uma massa que seria dirigida.

Enquanto detentor de um conhecimento técnico outorgado pelo aparelho escolar, o engenheiro era preparado a desempenhar funções de direção técnica dos empreendimentos, assumindo posições de comando na hierarquia funcional. Assim, estas funções técnicas, consistiam na adaptação da força de trabalho disponível à tecnologia importada com vistas ao aumento de mais valia (17).

Pela natureza de seu comprometimento com o sistema produtivo o engenheiro assumia uma função de dirigente condutor da massa, participando ativamente de certas comissões de estudos para a expansão de atividades industriais e em cargos na administração pública como o IDORT, a ABNT e o SENAI, considerados como aparelhos ideológicos de Estado.

Sua contribuição durante o Estado Novo, situa-se portanto na organização do processo de trabalho no aparelho administrativo do Estado, e no aparelho econômico. E ainda como difusor da ideologia industrialista, que iria orientar a política econômica do Brasil após a II Guerra.

## CONCLUSÃO

Da breve exposição aqui feita deduz-se que embora seja possível concordar como Aronofsky (1976) em que é inseparável a influência da legislação e do ensino, especialmente a nível da escola superior, pública, isto efetivamente parece-nos ter ocorrido a nível do Estado Novo. Todavia conforme o referido autor seria de se esperar que Governo e instituições públicas atendam às necessidades do público. Neste caso, na época aqui referida o ensino de engenharia parecia privilegiar aos réclamos de um dado segmento privilegiado dos brasileiros.

Desde a seletividade dos que a este ensino tinham acesso até tendências de seus conteúdos parecem-nos apoiar a perspectiva de um Estado discriminatório e opositor aos réclamos reais da sociedade como um todo, conseqüentemente sendo esquecidos os menos privilegiados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) WEFFORT, Francisco - *O populismo na política brasileira*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1976.
- (2) FURTADO, Celso - "Reflexões sobre a Pré-Revolução Brasileira" in *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, apud Weffort, Francisco - *O populismo na política brasileira*, p. 46.
- (3) PINHEIRO, Paulo Sérgio - *Política e Trabalho no Brasil*, 2.º ed., Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1977, p. 75.
- (4) CHAUÍ, Marilena - "Apontamentos para uma crítica da ação integralista" in *Ideologia e Mobilização popular*, São Paulo, CEDEC, 1980.
- (5) WEFFORT, Francisco - op. cit.
- (6) CARONE, Edgard - *A Terceira República, (1937-1945)*, São Paulo, DIFEL, 1976, pgs. 16 e 17.
- (7) CHAUÍ, Marilena - "Ideologia e Educação" in *Educação e Sociedade*, n.º 5, São Paulo, Cortez/Cedes, jan. 1980.
- (8) CUNHA, Luiz Antonio - *Uma leitura da Teoria da Escola Capitalista*, Rio de Janeiro, Achiamé, 1980.
- (9) CUNHA, Célio da - *Educação e Autoritarismo no Estado Novo*, São Paulo, Cortez, 1981.
- (10) FREITAG, Bárbara - *Escola, Estado e Sociedade*, São Paulo, Edart, 1977.
- (11) CHAUÍ, Marilena - "Ideologia e Educação" in *Educação e Sociedade*, n.º 5, São Paulo, Cortez/Cedes, jan. 1980, p. 27.
- (12) CUNHA, Célio da - op. cit. p. 156 e 157.
- (13) Vide Tabela 1. A organização da Tabela sobre a Legislação do Ensino de Engenharia durante o Estado Novo, obedeceu aos critérios de organização e categorização da pesquisa "Levantamento da Legislação Norteadora do Ensino de Engenharia no Brasil 1810-1980".
- (14) KAWAMURA, Lili Katsuco - *Engenheiro: trabalho e ideologia* São Paulo, Ática, 1979.
- (15) KAWAMURA, Lili Katsuco *Engenheiro: trabalho e ideologia* São Paulo, Ática, 1979.

- (16) *Leis do Brasil 1940*, REGULAMENTO DA ESCOLA TÉCNICA DO EXÉRCITO, cap. IV, p. 212 e 213.
- (17) KAWAMURA, Lili Katsuco - op. cit. p. 35.

## BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, Fernando de - *A Educação e seus problemas*, São Paulo, Melhoramentos, vol. VII, tomo I, sd.
- CARONE, Edgard - *A Terceira República (1937-1945)*, São Paulo, Difel, 1976.
- CHAUÍ, Marilena - "Apontamentos para uma crítica da ação Integralista" in *Ideologia e Mobilização Popular*.
- CHAUÍ, Marilena - "Educação e ideologia" in *Educação e Sociedade*, n.º 5, São Paulo, Cortez Editora, 1981.
- CUNHA, Célio da - *Educação e Autoritarismo no Estado Novo*, São Paulo, Cortez Editora, 1980.
- CUNHA, Luiz Antonio - *Uma Leitura da Teoria da Escola Capitalista*, Rio de Janeiro, Achiamé, 1980, 2.º ed.
- FREITAG, Bárbara - *Escola, Estado e Sociedade*, São Paulo, Edart, 1977.
- KAWAMURA, Lili Katsuco - *Engenheiro: Trabalho e Ideologia*, São Paulo, Ática, 1979.
- SOBRINHO, José D. - "Universidade e classes médias: aspectos do caso brasileiro" in *Educação e Sociedade*, n.º 4, São Paulo, Cortez Editora/Cedes, set. 1979.
- SKIDMORE, Thomas - *Brasil: de Getúlio a Castelo*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1976.
- VIANNA, Luiz Werneck - *Liberalismo e sindicato no Brasil*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1976.
- WEFFORT, Francisco - *O populismo na política brasileira*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1980.

## RESUMOS DE TESES

Os resumos apresentados a seguir foram recuperados junto ao Banco de Teses da CAPES, constituindo-se em teses e dissertações produzidas em 1983 sob o patrocínio do CNPq.

### ESTUDO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E METALÚRGICAS DE JUNTAS CONVENCIONAIS E NARROW GAP SOLDADAS PELOS PROCESSOS SMAW E GMAW

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Materiais) — 1983.

ADRIANO DE PAULA E SILVA

**RESUMO:** O estudo das propriedades mecânicas e metalúrgicas de diversas juntas soldadas é feito através de uma abordagem empírica. As juntas soldadas foram fabricadas por quatro processos convencionais (MIG, AMB, SMAW, SAW) e uma quinta junta foi fabricada de maneira a simular um processo não convencional (NARROW GAP).

Do estudo comparativo das propriedades das juntas convencionais com a junta não convencional conclui-se que a última apresenta maior tenacidade e ductilidade que as primeiras.

**Orientador:** Michael Donald Hayes.

### ANÁLISE EXPERIMENTAL DE DEFORMAÇÕES EM LANES RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO SOB CARREGAMENTO LINEAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Civil) — 1983.

FERNANDO BARTH

**RESUMO:** Neste trabalho realiza-se um estudo experimental das deformações devido a flexão em lajes retangulares de concreto armado apoiadas em vigas de contorno submetidas a um carregamento linear, central e paralelo à direção longitudinal.

Executaram-se duas lajes iguais, uma submetida ao carregamento de uma parede de alvenaria de tijolos cerâmicos maciços e outra submetida ao carregamento linear constituído de blocos de concreto independentes com o objetivo de caracterizar o comportamento da parede e das lajes.

Os ensaios realizados foram de curta duração para as lajes 1 e 2 e de longa duração com tempo total de 115 dias, para a laje 1.

Finalmente, faz-se a análise dos resultados obtidos e a comparação com os valores teóricos e aqueles determinados através das normas NB-1 78, CEB-FIP 78 e ACT-318-77.

**Orientador:** Ivo Wolff.

### PLANEJAMENTO DE CENTROS DE FIOS: PROGRAMAS CRONOS, PALCO E RELUZ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Elétrica) — 1983.

MARTA R. DE BASTOS MARTINI

**RESUMO:** No intuito de planejar a expansão de sistemas telefônicos, é interessante dispor de uma metodologia que permita analisar

políticas alternativas de evolução, de forma a minimizar os custos envolvidos. Tal metodologia é valiosa sobretudo quando o sistema telefônico está imerso em uma atmosfera de importantes mudanças tecnológicas.

O conjunto de ferramentas computacionais descrito neste trabalho, foi desenvolvido com o propósito de otimizar a expansão de redes telefônicas locais, bem como orientar sua transformação qualitativa, no rumo da digitalização.

O programa CRONOS faz o cronograma ótimo de instalação das novas estações previstas.

O programa PALCO estuda a alocação ótima de concentradores de linha digitais.

O programa RELUZ estuda a influência do entroncamento na localização de estágios de linha remotos, a nível de pós-otimização.

**Orientador:** Jurandir F. Ribeiro Fernandes.

## TÉCNICAS ORTOGONAIS SEQUENCIAIS ASSOCIADAS A ESTIMADORES DE ESTADO DESACOPLADOS EM SISTEMAS DE POTÊNCIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Elétrica) — 1983.

SEBASTIÃO CAMARGO GUIMARÃES JÚNIOR

**RESUMO:** Este trabalho propõe a solução de estimadores de estado desacoplados rápidos usando-se o método ortogonal sequencial de Givens.

O objetivo é se obter um algoritmo para a estimação de estado em sistemas de potência que possua a robustez numérica peculiar aos métodos ortogonais e a rapidez de cálculo dos estimadores de estado desacoplados rápidos.

Além disso, as características que o método de Givens apresenta, relacionadas com a detecção e identificação de erros grosseiros, são plenamente utilizados pelo algoritmo proposto.

O desempenho do estimador de estado desacoplado rápido pelo método de Givens é testado usando-se três sistemas de potência, sendo dois deles sistemas reais de concessionárias brasileiras.

**Orientador:** Antônio José A. Simões Costa

## SOBRE OS RETORNOS ESPERADOS DO MERCADO DE AÇÕES DA BOLSA DE VALORES DO RIO DE JANEIRO

Dissertação apresentada à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Produção) — 1983.

RICARDO DUNSHEE DE ABRANCHES

**RESUMO:** Este trabalho investiga o comportamento de retornos de investimentos em ações negociadas na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro como aproximação do retorno de uma carteira de ações bem diversificada e utilizada a variação relativa no Índice de Bolsa de Valores — IBU.

Inicialmente procura-se investigar uma possível relação que existiria segundo as teorias clássicas entre o retorno do investimento em ações e a taxa de inflação.

Um modelo de previsão de inflação utilizando a metodologia de Box-Jenkins é desenvolvido e utilizado para relacionar o retorno de ações com a inflação esperada e não esperada, em seguida estuda-se a variabilidade dos retornos do mercado de ações e utiliza-se um modelo de previsão da variabilidade para investigar o efeito da incerteza sobre os retornos oferecidos pelo mercado.

**Orientador:** Murilo Bueno Kammer.

## ALTERNATIVAS PARA USO DE ALCATRÃO DE COQUERIA NA INDÚSTRIA QUÍMICA FINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Química) — 1983.

GILDA MARIA CARIJO BOUCH

**RESUMO:** O trabalho estuda as possibilidades de aproveitamento do alcatrão como matéria-prima para a indústria química fina. São realizadas caracterização técnica do alcatrão, revisão histórica de sua aplicação e um estudo dos setores da química fina mais importantes: corantes, defensivos agrícolas, produtos farmacêuticos.

Um modelo matemático analisa um sistema de 69 transformações químicas, 75 substâncias englobando compostos do alcatrão, intermediários e especialidades químicas utilizando critérios de otimização propondo esquemas de aproveitamento.

**Orientador:** Carlos Augusto G. Perlingeiro.

## MICROESTRUTURA E RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO DE UMA LIGA PARA REVESTIMENTO DURO CONTENDO NIOBIO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Mecânica) — 1983.

PAULO ROBERTO ZAMPIERI

**RESUMO:** O trabalho apresenta um estudo de correlacionamento entre microestrutura e resistência ao desgaste abrasivo de duas ligas para revestimento duro contendo alto teor de cromo, uma delas contém também nióbio e outros elementos de liga. Aquela contendo apenas cromo foi usada como liga de referência.

Para determinação da resistência a abrasão, desenvolveu-se um equipamento que permite padronização e reprodutividade deste tipo de ensaio.

Visando investigar ao efeito de diluição das ligas pelo material de base, estudou-se o comportamento de ligas com uma, duas e três camadas depositadas.

A análise foi efetuada através de medidas de perda de massa nos ensaios de desgaste, bem como o estudo da superfície desgastada, e do material desagregado dos revestimentos. A comparação destes resultados com as análises microestruturais mostraram um comportamento superior da liga contendo nióbio. Esse comportamento deve-se essencialmente à presença de carbonetos de nióbio.

**Orientador:** Ana Maria Martinez Nazar.

## ESTUDOS SOBRE A APLICABILIDADE DE FILTRO ANAERÓBIO PILOTO NO TRATAMENTO DE DESPEJOS DE INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO DE BATATAS

Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo — São Carlos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Civil) — 1983.

ROQUE PASSOS PIVELLI

**RESUMO:** Este trabalho apresenta a descrição do funcionamento de filtros anaeróbios piloto, projetados e operados em laboratório

para verificar sua aplicabilidade no tratamento de águas residuárias de uma indústria de processamento de batata (Pepsico S/A. Itu - SP).

Apresentam-se também os resultados da operação durante 10 meses de funcionamento. Discutem-se os resultados obtidos nas características dos despejos, remoção de DQO e OBO, PH e Alcalinidade, resíduos sólidos, produção de gás e efeito da altura na eficiência do tratamento.

Com base na pesquisa realizada, pode-se admitir que a remoção de OBO nessa unidade é superior a 80 por cento. Para o tempo de detenção hidráulico de 24 horas e a produção de gás é, em média, aproximadamente 7.09 l/dia ou 732 l/KG de OBO.

**Orientador:** Eugênio Foresti.

## EFEITOS DAS CONDIÇÕES INICIAIS DE SOLIDIFICAÇÃO E DA TEMPERATURA DE DEFORMAÇÃO NA LAMINABILIDADE E NAS PROPRIEDADES FINAIS DE LIGAS DE Al-CU

Dissertação apresentada ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Aeroespacial) - 1983.

LEÔNICIO UBIRATAN PERES

**RESUMO:** O presente trabalho analisa a interrelação entre condições iniciais de solidificação, temperatura de laminação, pressão de laminação e propriedades finais de ligas alumínio cobre.

Inicialmente foram solidificadas lingotes de ligas com 2,5% e 4,0% de cobre em diferentes condições de extração de calor. Esses lingotes foram laminados a quente, a frio e com recristalização intermediária entre os passes, foram medidos os esforços de laminação que são relacionados com a geometria da deformação obtida, levando-se a lei que relaciona esses parâmetros para todos os casos estudados.

A variação da pressão foi comparada com valores previstos teoricamente, foram também determinadas as propriedades finais e o efeito das condições iniciais e da temperatura de deformação na laminabilidade dessas ligas com o objetivo de inter-relacionar as diferentes fases do processo visando facilitar o controle do mesmo.

**Orientador:** Odmir Simões Pires.

## ESTUDO DO POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA PLATAFORMA SEMI-SUBMERSÍVEL

Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Naval) - 1983.

DÉCIO CRISOL DONHA

**RESUMO:** Este trabalho aborda o problema de sistemas de posicionamento dinâmico (SPD) para plataformas semi-condutoras. De início, desenvolveu-se um modelo matemático representativo dos movimentos de uma plataforma no mar, incluindo a ação de elementos ambientais, tais como, ventos, ondas e correntes.

Com o objetivo de permitir uma melhor compreensão do problema, são apresentados aspectos da modelagem e funcionamento de elementos sensores e dos elementos propulsores que compõem o SPD. Em seguida, usando técnicas do controle moderno para sistemas determinísticos, desenvolveu-se um controlador para a plataforma, admitindo-se que todas as variáveis de estado são observadas. Posteriormente, usando um procedimento similar e introduzindo o conceito de "observador de estados", analisa-se o caso em que não é possível observar todas as variáveis de estado.

Finalmente, são apresentados e analisados os resultados de simulações efetuadas para avaliar o desempenho do controlador projetado.

**Orientador:** Hernani Luiz Brinati.

## ANTENAS ALIMENTADORAS E GUIAS DE ONDAS CILÍNDRICOS, ABERTOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP para obtenção do Título de Doutor em Engenharia (Elétrica) - 1983.

EVANDRO CONFORTI

**RESUMO:** Apresentam-se os diagramas de irradiação e introduz-se o formalismo de cálculo no desempenho em polarização cruzada para a antena e guia de onda cilíndrico, aberto, semi-infinito, com paredes de espessura infinitesimal, utilizando a técnica de Wilinear-Hopf.

Os resultados computacionais são apresentados de forma a caracterizar completamente os campos distantes dessas antenas, operando no modo TE<sub>11</sub> e são comparados com resultados experimentais ou teóricos obtidos pelo método dos momentos. Em adição, propõe-se e utiliza-se uma técnica para medidas de correntes em superfícies metálicas que não necessita a introdução de sulcos nessa superfície.

Obtem-se dessa forma, a distribuição das correntes superficiais na parede externa do guia, assim como sua variação em função da espessura dessa parede.

A partir da comparação com resultados obtidos por outros autores, que utilizam o método dos momentos, mostra-se o efeito causado pela espessura finita do guia cilíndrico no desempenho dessa antena.

**Orientador:** Attilio José Giarola.

## ORIENTAÇÃO AOS AUTORES E COLABORADORES DA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

### 1 OBJETIVOS E CONTEÚDO

A Revista de Ensino de Engenharia, editada pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia — ABENGE, está aberta à coletividade que atua nas instituições brasileiras e aos autores do exterior, ligados de alguma forma ao Brasil pelos assuntos, contatos institucionais, afinidades culturais e outras vinculações.

O conteúdo da Revista se compõe de:

- a) Forum ABENGE;
- b) Artigos;
- c) Comunicações;
- d) Cartas à redação.

#### 1.1 Forum ABENGE

Consiste de depoimentos, análises, debates sobre problemas específicos de relevância e atualidade no ensino de engenharia, organizado e programado sob a orientação da Diretoria da ABENGE.

#### 1.2 Artigos

Correspondem a trabalhos originais ou divulgados previamente de forma restrita, abordando aspectos educacionais, científicos, tecnológicos, políticos, administrativos, no campo do ensino de engenharia.

#### 1.3 Comunicações

Matéria de texto extenso sob forma de relato, contendo informações de caráter educacional, científico, tecnológico, político, administrativo, no campo do ensino de engenharia, relacionada a eventos ou atividades de grupo, ou expressando opiniões, diretrizes, normas, etc., a critério do Grupo Editorial.

#### 1.4 Cartas à redação

Compreendem comunicações curtas, comentários, críticas, sugestões sobre matéria publicada pela Revista ou outros assuntos correlatos.

### 2 CONDIÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS E COMUNICAÇÕES

As contribuições sob forma de artigos ou comunicações, com antecedência à publicação, são submetidas à apreciação do "Comitê de Consultores Editoriais", composto de especialistas em ensino, particularmente na área de engenharia, e devem observar as normas de apresentação dos originais.

### 3 NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

O texto das contribuições é apresentado em três vias, datilografado com espaço duplo, com as margens de 35 mm, em folha de papel ofício, formato A-4 (210 x 300 mm), cuja remessa é feita por correio aéreo.

Prof. Marcius F. Giorgetti, editor responsável  
Escola de Engenharia de São Carlos, USP  
Caixa Postal 359  
13560 - S. Carlos, SP, Brasil.  
Telefone (0162) 71-2234; telex (0162) 275 USPO-BR

### 3.1 Línguas e extensão do texto

Os trabalhos de autores brasileiros ou de outros países de língua portuguesa devem ser redigidos em português; autores estrangeiros podem, opcionalmente, redigir em inglês, francês ou espanhol.

A extensão de cada artigo ou comunicação não deve ultrapassar 15 páginas, datilografadas em espaço duplo, em papel ofício A-4.

### 3.2 Estrutura do texto

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

—BIBLIOTECA—

Título: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA  
\*  
RIA

Vol. 4 N.º 2

Mês \_\_\_\_\_ Ano 85

- DEVOLUÇÃO -

DATA	N.º	DATA	N.º

**NÃO EMPRESTADO**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

— BIBLIOTECA —

TÍTULO: REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

VOL.: 4 N.º 2

MES: \_\_\_\_\_ ANO: 85

Maiores informações e outros detalhes de esclarecimentos são atendidos pela Redação, mediante solicitações dirigidas ao Prof. Marcius Giorgetti, editor responsável, no endereço indicado no item 3.