

Forum ABENGE

O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

A idéia do "Forum ABENGE" nasceu durante o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia realizado em 1981, e agora se concretiza nesta primeira experiência versando sobre o tema "O Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia".

Naquela ocasião sugeriu-se que a Revista de Ensino de Engenharia deveria conter uma seção permanente, com características de um verdadeiro Forum, que estimulasse e acolhesse debates tendo como foco problemas do ensino de Engenharia.

Época favorável para o encontro de especialistas e o debate de idéias é necessariamente a da realização dos Congressos de Ensino de Engenharia, agora denominados de forma genérica COBENGE, estando o próximo marcado para outubro de 1982. Não obstante esperar-se colher no COBENGE/82 excelente material para esta seção nos próximos números da Revista, neste número o primeiro Forum teve que ser elaborado a partir de contactos estabelecidos por correspondência. Por esta razão apresenta-se este Forum não tão completo quanto seria desejável ou esperado. De fato, das quinze pessoas consultadas, apenas cinco responderam em tempo hábil. Contudo, embora pequeno o volume das respostas, o mesmo não se pode dizer da qualidade e profundidade das colaborações assim recebidas.

A seguir é feita a colocação do problema objeto deste Forum, e são transcritas as respostas recebidas. Deseja-se manter, assim, este Forum permanentemente aberto, o debate aceso e o problema vivo para as abordagens que se mostrarem interessantes, durante o COBENGE/82, ou através da seção "Cartas à redação" desta Revista.

2. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

Os colaboradores convidados receberam o seguinte material:

2.1 Ofício datado de 6 abril de 1982

Os termos desse ofício são os seguintes:

"Prezado Senhor,

O Grupo Editorial da Revista de Ensino de Engenharia está encaminhando o material em anexo a V. Sa. com o objetivo de solicitar sua colaboração, como participante do Forum ABENGE sobre o tema "O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA", matéria que deverá ser publicada no próximo número da Revista, cuja publicação está prevista para os fins do 1º semestre de 1982.

Correspondência idêntica está sendo enviada para outros 14 profissionais em pontos diferentes do país; foram escolhidos professores e "consumidores" de Matemática. Os primeiros, ligados a entidades de ensino oficial e particulares; os segundos, professores de matérias aplicadas em cursos de engenharia e/ou profissionais e empresários ligados à engenharia nacional.

Em primeiro lugar, V. Sa. encontrará "Orientação aos Autores e Colaboradores da Revista de Engenharia", onde os objetivos da revista, em particular os do Forum ABENGE estão definidos. No caso do primeiro Forum a coleta de opiniões está sendo feita por correspondência; a matéria que será publicada será composta e redigida pelo Grupo Editorial. Esta primeira abordagem não

exclui a continuidade do intercâmbio de idéias e debates, previstos para uma mesa redonda a realizar-se durante o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia em outubro deste ano.

Como sugestão para uma análise preliminar propõe-se uma avaliação da matéria "Recomendações Referentes à Estrutura Curricular - Matemática", publicada pelo MEC no documento "Curso de Engenharia, Autorização, Reconhecimento e Funcionamento", publicado em 1977, cópia em anexo.

Seria desejável uma avaliação quanto à proposta curricular e quanto aos objetivos do ensino da Matemática nos cursos de Engenharia, definidos no último item do documento.

Em uma reunião preliminar com professores do Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos foram levantados alguns pontos que poderão ser úteis na análise solicitada a V. Sa.; esse material é também incluído em anexo.

Tanto o documento básico como os itens acima mencionados são apenas sugestões e não condições de contorno; por favor, sintase à vontade para levantar e discutir outros pontos que julgar de relevância.

Sem mais, agradecendo antecipadamente a preciosa colaboração de V. Sa., apresentamos cordiais saudações firmando

Atenciosamente

Ass. Prof. Marcius F. Giorgetti
Diretor Secretário da ABENGE

2.2 Recomendações Referentes à Estrutura Curricular - Matemática publicada no documento "Curso de Engenharia, Autorização, Reconhecimento e Funcionamento", 1977

"Recomendações referentes à estrutura curricular"

Tendo em vista que a estrutura curricular reveste-se de grande importância para proporcionar um ensino adequado às características desejadas para o futuro profissional, às peculiaridades regionais, ao atendimento das tendências existentes no ensino da Engenharia, e às situações conjunturais, várias recomendações são feitas a seu respeito, considerando de maneira especial as inovações decorrentes do novo currículo mínimo estabelecido pela Resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação.

Essas recomendações, elaboradas por comissões especiais reunidas sob os auspícios do DAU, cobrem inicialmente as matérias de formação básica Matemática, Física, Mecânica, Eletricidade, Química, Processamento de Dados e Desenho, e em seguida as matérias de formação geral Humanidades e Ciências Sociais do Ambiente. São também cobertos os tópicos relativos a Normalização e Segurança que devem ser considerados nas matérias de formação profissional.

Como não deveria deixar de ser, dada a interrelação das matérias entre si, há certo grau de superposição entre as recomendações preconizadas, o que deve ser levado em conta na estruturação dos currículos plenos.

As referências feitas aos desdobramentos das matérias em disciplinas, e às indicações de cargas horárias, devem ser entendidas como opinião das respectivas comissões especiais que elaboraram os vários documentos, constituindo recomendações, sem dúvida de grande valor, mas que devem ser analisadas pelas instituições de ensino dentro das peculiaridades locais existentes, e das ênfases que se deseje imprimir às habilitações ministradas, de molde a se aproveitar a flexibilidade proporcionada pelo currículo mínimo, procurando-se sempre encontrar a "vocação" de cada instituição.

Deve ser ressaltado que os documentos apresentados neste item guardam ao máximo a forma original em que foram redigidos, motivo pelo qual deixa de existir uma normalização absoluta em sua apresentação.

Dada a natureza das diferentes matérias e tópicos abordados, em alguns casos as comissões especiais preferiram entrar em maiores detalhes, enquanto que em outros foram considerados apenas aspectos mais genéricos.

Propositadamente foram consideradas apenas as matérias de formação básica e de formação geral, pela sua característica de serem obrigatórias a todas as habilitações do curso de Engenharia. No âmbito das matérias profissionais foram somente considerados os tópicos relativos à normalização e segurança, cuja inclusão também é obrigatória em todas as habilitações.

Julgou-se que, para as matérias de formação profissional, seriam adequadas apenas as recomendações que são apresentadas no item 4, referentes às atividades práticas que passaram a ser obrigatórias com a vigência do novo currículo mínimo. Por outro lado, nas matérias de formação básica, julgou-se não ser oportuno a apresentação de recomendações específicas referentes às atividades práticas, a não ser em casos muito especiais.

Nos itens seguintes apresentam-se as recomendações referentes à estrutura curricular.

Matérias de Formação Básica

São consideradas a seguir todas as matérias básicas do curso de Engenharia, com exceção de Resistência dos Materiais e de Fenômenos de Transporte. Estas últimas serão objeto de estudo à parte que oportunamente deverá ser divulgado pelo DAU.

Matemática

O Departamento de Assuntos Universitários solicitou ao Professor GUILHERME DE LA PENHA, da UFRJ, que elaborasse uma versão atualizada de seu trabalho intitulado "Recomendações sobre o Programa de Matemática em nível de graduação para Engenheiros", para servir de subsídio aos estudos que vinham sendo efetuados pela Comissão de Especialistas de Ensino de Engenharia, em face da reformulação dos currículos mínimos do curso de Engenharia.

O documento básico então preparado pelo Professor GUILHERME DE LA PENHA foi examinado por uma comissão especial, que finalmente expressou sua opinião a respeito do assunto de forma sintética, recomendando fortemente que as instituições de ensino de Engenharia procurem seguir as linhas preconizadas no Relatório anexo. A comissão especial foi composta pelos professores:

KLEBER CRUZ MARQUES, da UFPb,
LOLITA DANTAS, da UFBA,
LOURDES DE LA ROSA ONUCHIC, da EESC/USP,
RADIWAL DA SILVA ALVES PEREIRA, da UFRJ,
SÉRGIO LORENZATO, da UNICAMP,
UBIRATAN D'AMBROZIO, da UICAMP, e
WALDYR MUNIZ OLIVA, da USP.

Recomendações sobre a matéria Matemática do currículo mínimo do curso de engenharia

I - Introdução

A Resolução 48/76, de 27.04.76, do Conselho Federal de Educação, que fixou os mínimos de conteúdo e duração do curso de graduação em engenharia, estabeleceu, em seu anexo, a seguinte ementa para a matemática no item *Matéria de formação básica*: Cálculo Vetorial. Cálculo Diferencial e Integral. Geometria Analítica. Álgebra Linear. Cálculo Numérico. Probabilidade e Estatística.

No presente documento tecem-se algumas considerações sobre essa ementa, sugerindo-se um elenco de disciplinas que permitem atender aos dispositivos da Resolução supra citada.

Apresentam-se algumas recomendações que possibilitarão aos Departamentos de Matemática estruturar o programa das disciplinas sob sua responsabilidade, obedecendo às condições oferecidas pelas instituições.

Como, obviamente, nenhum programa pode ter caráter universal, seja em relação ao aluno, seja em relação à instituição, é importante que estas recomendações sejam entendidas como um guia para que o programa seja estruturado adequadamente.

Chama-se especial atenção para os tópicos mencionados em cada disciplina, que representam metas mínimas a serem atingidas no decorrer do curso. São tópicos de fundamental importância para os engenheiros e não deverão deixar de ser abordados, qualquer que seja a estrutura curricular adotada.

Do mesmo modo, recomenda-se um mínimo de horas para cada disciplina, mínimo este sugerido em função da experiência acumulada em várias escolas de engenharia do país, a fim de que se atinjam as metas anteriormente mencionadas. A flexibilidade na fixação do número de horas de cada disciplina, pelas diversas instituições, permitirá atender às suas condições sem prejuízo de se atingirem aquelas metas.

O crescente caráter de sofisticação das várias especialidades de engenharia demanda um nível cada vez mais elevado de matemática como base para os estudos das matérias de aplicação. As

metas mínimas sugeridas permitem também o oferecimento posterior de outras disciplinas matemáticas, capazes de responder às solicitações dos vários departamentos profissionais, no tocante à necessidade de instrumental matemático mais avançado e sofisticado. Naturalmente, tal necessidade decorrerá de vários fatores inerentes à instituição e às habilidades oferecidas no curso de engenharia. Com esse espírito mencionam-se algumas disciplinas de caráter complementar que, certamente, enriquecerão o preparo matemático do futuro engenheiro.

II – Disciplinas sugeridas

a) Disciplinas básicas

i) Cálculo Diferencial e Integral

O conjunto de disciplinas correspondentes a Cálculo Diferencial e Integral deverá preferencialmente ser ministrado em quatro períodos letivos semestrais consecutivos, recomendando-se um total mínimo de 240 horas de aulas.

O conteúdo geral de tal conjunto é o usual de um curso de Cálculo Diferencial e Integral e Equações Diferenciais. Há diversas maneiras de se estruturar este curso em função do rigor, da motivação, da distribuição de tópicos, etc., existindo no mercado livros textos que adotam diferentes pontos de vista. Cálculo de várias variáveis, incluindo integrais curvilíneas e aplicações, séries numéricas e de funções e elementos de equações diferenciais ordinárias devem constar, obrigatoriamente, dos programas.

ii) Cálculo Vetorial e Geometria Analítica

Nesta disciplina visa-se ensinar o Cálculo Matricial, o Cálculo Vetorial Clássico e a Geometria Analítica em duas e três dimensões, incluindo-se, obrigatoriamente, um estudo das cônicas.

Recomenda-se que esta disciplina seja ministrada num mínimo de 60 horas.

iii) Álgebra Linear

Esta disciplina deve abranger um tratamento de espaços vetoriais incluindo, obrigatoriamente, o estudo dos espaços vetoriais reais n-dimensionais.

Um estudo de transformações lineares, valores e vetores próprios e formas quadráticas deverá constar, necessariamente, do programa desta disciplina.

A carga horária mínima recomendada é de 60 horas.

iv) Cálculo Numérico

Este curso constará de duas disciplinas: "Introdução à Ciência da Computação" e "Cálculo Numérico", dadas em dois semestres letivos, a primeira precedendo e visando a segunda. Recomenda-se para cada uma delas a carga horária mínima de 60 horas.

Introdução à Ciência de Computação

O desenvolvimento dos computadores tornou necessário aos usuários da matemática reconhecer a seqüência matemática que chega até aos resultados numéricos, através da programação lógica. Esta disciplina deve dar uma compreensão da posição do computador ao longo dessa seqüência, a maneira de sua utilização, suas capacidades e limitações. Deve, também, prover o estudante das técnicas básicas necessárias para que o uso do computador colabore na solução de problemas de outras disciplinas.

Cálculo Numérico

Esta disciplina compreende uma introdução à solução de problemas matemáticos por meio de computação envolvendo tanto métodos finitos quanto iterativos e algum estudo de análise de erros. O método de algoritmos deve ser enfatizado e os problemas devem ser programados e rodados em um computador.

v) Probabilidade e Estatística

Para atender a este tópico deverá ser ministrada a disciplina Introdução à Probabilidade e Estatística, cujo objetivo é fornecer idéias básicas do método estatístico com aplicações de suas principais técnicas. Também neste caso, recomenda-se como carga horária o mínimo de 60 horas.

b) Disciplinas complementares

Além das disciplinas básicas relacionadas em (a), é conveniente que, dependendo de condições específicas da instituição e da habilitação escolhida, e em harmonia com o currículo pleno, algumas disciplinas complementares sejam oferecidas. Não se entra em detalhes relativos à cada uma,

pois sua estruturação dependerá fortemente dos fatores que determinarem sua inclusão no currículo, e que, conseqüentemente, definirão o perfil de sua programação.

Entre as disciplinas complementares mencionam-se:

Funções de variável complexa;
Métodos de matemática aplicada;
Equações diferenciais parciais;
Otimização;
Estabilidade de equações diferenciais;
Teoria dos grafos;
Programação;
Cálculo tensorial;
Álgebra de Boole.

III – Conclusão

Concluindo, enfatiza-se que a flexibilidade na elaboração dos programas deve obedecer a uma visão global do currículo pleno e que o ensino de matemática, nos cursos de engenharia, além de contribuir para a formação intelectual do futuro engenheiro, tem como objetivo dar-lhe um instrumental adequado para sua formação profissional e bom desempenho de funções específicas à sua carreira".

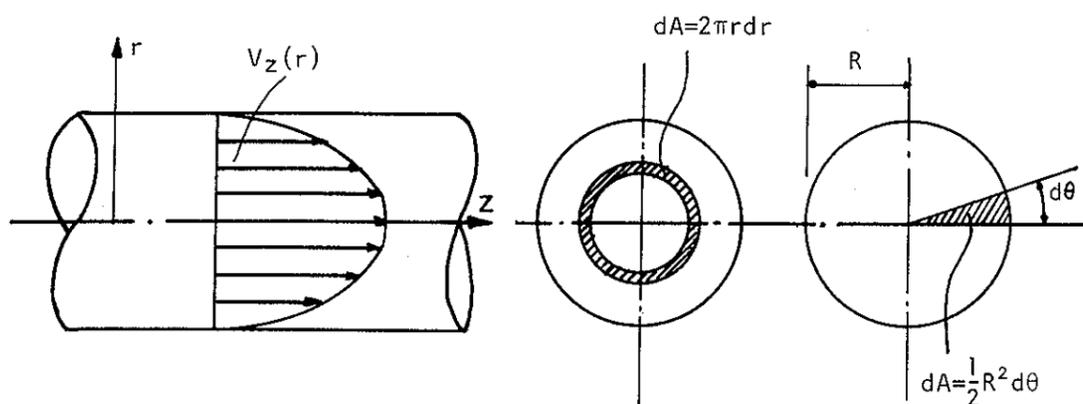
2.3 O Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia

Sugestões de itens para análise e discussão

1. Objetivos das Escolas de Engenharia: ensino de massa ou de qualidade. Os objetivos dos cursos de Matemática para os futuros engenheiros devem ou não ficar condicionados aos objetivos das escolas de engenharia?
2. Os cursos de Matemática devem visar a formação intelectual do futuro engenheiro ou equipá-lo com uma bagagem instrumental eficiente para a pronta utilização nas disciplinas de aplicação e na vida profissional? Se for desejável porém impossível atingirem-se os dois objetivos, qual deve ser a opção?
3. Os objetivos devem ser diferentes quando a mesma matéria básica é ensinada para estudantes de engenharia, de física e de matemática? Nesse caso, aulas (podem) (devem) ser ministradas em conjunto?
4. Quanto ao currículo, o ensino de disciplinas básicas ou das mais básicas, tem melhor rendimento com estrutura acadêmica semestral ou anual?
5. Disciplinas como Álgebra Linear devem ser lecionadas no 1º semestre? No 2º semestre? Deve ser lecionada antes de, em paralelo com, junto com ou depois de Geometria Analítica?
6. É suficiente a ênfase dada a Matemática Finita (Análise Combinatória, Probabilidade, Álgebra de Boole, Teoria dos Grafos, etc.) face ao desenvolvimento tecnológico mais recente em áreas de engenharia?
7. Uma observação levantada por professores de Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor e Massa, Resistência dos Materiais e outras matérias da área das Ciências dos Meios Contínuos é que os estudantes têm uma grande dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física e elementos diferenciais. Muitos estudantes ficam literalmente bloqueados quando o professor esboça um sistema diferencial e sobre ele trabalha com forças, fluxos de massa, fluxos de calor, por exemplo, objetivando a aplicação das leis básicas para a obtenção de formulações diferenciais. Outro exemplo de dificuldade é o da escolha de elementos diferenciais convenientes para a execução de uma operação de integração. Suponha o caso abaixo ilustrado onde se deseja integrar um perfil de velocidades, simétrico em relação ao eixo z, para obter a vazão Q através da tubulação. Os estudantes aceitam o fato de que $2\pi r dr$ pode ser usado como elemento de área dA conveniente para efetuar a integração; alguns até seriam capazes de fazer esta escolha. Muitos, entretanto, provavelmente a grande maioria, ficam atônitos e sem resposta se lhes é perguntado se o elemento $1/2 R^2 d\theta$ pode ser usado.

Esses exemplos são sintomas observados por "consumidores" de Matemática em disciplinas técnicas de engenharia. Servem para ilustrar a falta de uma ponte, ou melhor ainda, de uma aproximação em termos dos objetivos a serem alcançados.

$$Q = \int_A V_z dA$$



3. CONTRIBUIÇÕES

3.1 Prof. José Vitório Zago, da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

Prezado Prof. Giorgetti:

Fiquei muito honrado com o seu convite para participar do Forum Abenge, sobre o ensino de Matemática para os cursos de Engenharia.

Em anexo, encontram-se algumas reflexões sobre as questões que foram levantadas.

Sinta-se à vontade quanto ao aproveitamento desse material para a revista.

Despeço-me com protestos de estima e consideração.

Ass. José Vitório Zago

O ENSINO DE MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Para abordar o ensino de matemática nos cursos de engenharia seria necessário discutir o ensino em geral e sua relação com a situação de dependência econômica e tecnológica do país.

Isso nos remeteria imediatamente para o questionamento da nossa estrutura política e de como são tomadas as decisões no Brasil.

Como o assunto é bastante amplo e poderia ser discutido num forum mais adequado eu me limitarei à análise de alguns pontos específicos da questão baseado na minha formação profissional (engenheiro mecânico com breve passagem na indústria) e acadêmica (professor de Análise Numérica).

Para uma resposta mais aprofundada seria necessário que nossas universidades fizessem um acompanhamento da vida profissional de seus formandos, o que, segundo eu saiba, não é feito.

Para a independência tecnológica e econômica do país e para a elevação do nível de vida de sua população seria necessário, entre outras medidas, que seu ensino, em todos os níveis,

fosse um ensino de qualidade, o que não implica que esse ensino fosse um ensino de elite.

É perfeitamente possível, se existirem a vontade e os recursos adequados, fornecer um ensino de qualidade para uma quantidade bastante grande de alunos, a necessária para que os objetivos de independência tecnológica sejam atingidos.

Dentro desse objetivo o ensino de matemática para engenheiros deveria visar principalmente sua formação intelectual básica. Temos a opinião de que um engenheiro com uma formação básica sólida pode fácil e rapidamente, assimilar as técnicas específicas de sua profissão, que, diga-se de passagem, mudam rapidamente em algumas de suas áreas. Aliás, essa rápida mudança tecnológica é principalmente desvantagem de uma formação exclusivamente voltada para as técnicas da profissão.

Para isso não vemos a necessidade de que as matérias básicas sejam diferentes para alunos de Física, Matemática ou Engenharia.

Tanto quanto os engenheiros, os matemáticos e físicos necessitam de aplicações nos seus cursos básicos de matemática; que porisso mesmo devem ser tomados em comum, mas em pequenas turmas.

Um dos obstáculos principais para que isso seja efetuado é o fato de que os nossos mestrados em matemática não preparam seus graduados, que em grande maioria serão professores de matemática em faculdades de engenharia ou universidades, para essa mudança de enfoque.

O mestrado em Matemática Aplicada da UNICAMP tem como um de seus objetivos dar a seus graduados essa formação.

O atual sistema semestral é assegurado ao desenvolvimento dos currículos.

Quanto a alguns cursos específicos como o de Álgebra Linear e Cálculo Numérico, a nossa opinião é de que o primeiro seja dado no segundo semestre depois de Geometria Analítica.

O curso de Cálculo Numérico não deve ser um curso de ensino de receitas de métodos numéricos, mas sim tentar dar ao aluno uma compreensão da construção desses métodos e de suas limitações.

Finalizando, queremos dizer que qualquer reforma do ensino em geral e do universitário em particular, só terá máxima eficiência dentro de um contexto de reforma geral das estruturas econômicas e políticas da nação.

Ass. José Vitório Zago

Dept^o de Matemática Aplicada
IMECC – UNICAMP

3.2 Prof. Antonio Rodrigues, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prezado professor,

Agradeço a gentileza de sua carta de 6 de abril passado pedindo-me sugestões para o ensino da Matemática na Engenharia.

Em resposta posso apenas dizer:

a) Não sendo engenheiro não posso responder a todas as questões levantadas no documento enviado.

b) Lecionei, por muito tempo, Álgebra Linear em turmas mistas de alunos de Engenharia, Física, Economia, Matemática, etc., e constatei que os melhores deles eram os da Engenharia e os demais sofríveis, havendo desistência de mais de 50% destes últimos enquanto aqueles mantinham a frequência alta.

c) Minha experiência nesse ensino revelou que é importante e fundamental o aprendizado de Geometria Analítica em semestre anterior como pré-requisito de Álgebra Linear, mas, entenda-se: não como disciplina dada juntamente com Cálculo, como propõe alguns professores e se dá em alguns livros e sim autônoma, fundamentada no Cálculo Vetorial, completa, com os tradicionais lugares geométricos, curvas e superfícies, que dão ao aluno uma visão espacial e geométrica dos problemas indispensáveis a outros estudos, inclusive à Álgebra Linear.

d) As disciplinas de Matemática para engenheiros, a meu ver devem ter caráter profissional, competindo às outras disciplinas do curso de Engenharia o caráter formativo em seu campo pecu-

liar, pois, os outros aspectos formativos educacionais, como o bom desempenho do raciocínio lógico geral e outros dados indispensáveis ao chamado homem culto de nossos tempos, o aluno deveria adquiri-los na escola secundária e a comprovação disso, para ingresso na Universidade, é problema dos exames vestibulares; agora, como vai ele proceder como engenheiro bem formado, em todos os aspectos que se considerar, não é papel da Matemática dar esta formação, a não ser que se pretenda que esse aluno venha a ser um matemático também.

Muito atentiosamente:

Ass. Antonio Rodrigues
UFRGS – Porto Alegre

3.3 Prof. Dalcídio Moraes Claudio, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Prezado Senhor:

Agradeço a oportunidade de poder participar do FORUM ABENGE conforme convite enviado pelo senhor em 06/04/82. Estou remetendo, em anexo, algumas idéias sobre o caso específico de Cálculo Numérico. Infelizmente, o tempo é pouco para que eu possa fazer um relatório mais detalhado.

Mantenha-me informado sobre o andamento do debate e caso deseje alguma informação complementar, eu meu coloco a sua disposição.

Atenciosamente

Ass. Prof. Dalcídio Moraes Claudio

— O ENSINO DE MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA. “RECOMENDAÇÕES REFERENTES À ESTRUTURA CURRICULAR-MATEMÁTICA”

Tendo em vista minha atuação na área de Matemática Computacional nos últimos anos, só poderei dar uma opinião com conhecimento de causa, no tópico relativo ao ensino de Cálculo Numérico. A proposta que me parece mais adequada foi debatida no último congresso da Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC) em Setembro/1981 e terá continuação no próximo a ser realizada em Agosto/82.

Quanto às recomendações do MEC, a divisão de curso de Cálculo Numérico em duas disciplinas:

1. Introdução à Ciência da Computação (ICC)
2. Cálculo Numérico (CN)

poderia a primeira vista ser interessante, se não fosse a deturpação que se faz da primeira. As disciplinas existentes hoje em dia com o nome de ICC não fornecem nenhuma ou quase nenhuma condição necessária para o desenvolvimento do Cálculo Numérico. O que ocorre é uma sobrecarga de matéria para o CN que restrito a 60 horas não pode dar aos engenheiros o mínimo necessário para sua atividade profissional.

Essa solução me parece, portanto, fadada ao insucesso. A disciplina CN é em quase todo mundo e principalmente nas grandes potências vista com todo cuidado. Daí é que partem as grandes incursões aos reinos das matemáticas aplicadas superiores.

Um cuidado especial no ensino do Cálculo Numérico é um caminho que deve ser seguido se quisermos diminuir a nossa dependência tecnológica (importação de know-how).

Fica a pergunta o que fazer? Uma resposta pode ser encontrada nas recomendações da SBMAC, do grupo que coordenei em Setembro/81.

Deve ser ainda observado que a ênfase dada ao uso do computador deve ser balanceada com a utilização das mini-calculadoras eletrônicas, as quais em virtude de seu preço e desenvolvimento vem fazendo parte do dia a dia de quase todo o engenheiro, resolvendo uma gran-

de parte de seus problemas de modo bastante satisfatório. O computador deve ser reservado para problemas de grande porte para evitar sua sub-utilização.

Dentro de um aspecto mais amplo deveria haver um meio de fazer com que as disciplinas de Computação e Matemática Numérica fossem pré-requisitos para as do ciclo profissional, fazendo com que a “ferramenta” Matemática Computacional ocupe o lugar que a espera ansiosamente”.

3.4 Prof. Geraldo Ávila, da Universidade de Brasília, Departamento de Matemática

Prezado Prof. Giorgetti,

Atendendo a sua solicitação, feita em carta de 6 de abril último, é com o maior prazer e interesse que faço aqui alguns comentários sobre o tema “Ensino de Matemática nos Cursos de Engenharia”.

Os alunos dos cursos superiores de Matemática, Física e Engenharia têm necessidades comuns de aprender Cálculo, Geometria Analítica, Vetores, Matrizes, Equações Diferenciais Ordinárias, Equações da Física Matemática, Métodos Numéricos, etc. Como se vê, existe assim uma parte substancial do ensino da Matemática que é de interesse comum a esses vários cursos; e certas disciplinas de matemática são mesmo necessárias a outros cursos, além dos citados, como Química, Biologia e Economia.

É claro que os interesses de profissionalização são diferentes nos diversos cursos, mas isto só é verdade quando se considera cada curso em sua totalidade: a parte inicial básica e o ciclo profissional. O ensino comum de que estamos tratando situa-se antes na fase de formação básica; e aqui não há porque se separar os alunos dos vários cursos.

O ensino da Matemática a todos eles em comum só tem benefícios, a trazer e nenhum inconveniente. Isto no pressuposto — o único que julgamos acertado — de que o ensino da Matemática se faça com muita motivação; com apelos à intuição e à visualização geométrica, sempre que possível; com a utilização de aplicações apropriadas e de exemplos concretos; e sem excessos de rigor e de formalismo. O professor deve ter em conta que o que importa transmitir aos alunos são as idéias centrais da disciplina, seus métodos e técnicas; e nisto não ajuda o rigor das apresentações formais, que devem ser evitadas ou reduzidas ao mínimo necessário.

O rigor, o formalismo e a generalidade na apresentação dos conceitos são aspectos importantes da Matemática; mas na dosagem correta e no momento oportuno. Num curso de Cálculo, por exemplo, é muito mais importante que o aluno adquira treinamento para descobrir que o limite de $\sqrt{x} \log x$, com $x \rightarrow 0$, é zero; ou que as integrais impróprias $\int_1^{\infty} x^b e^{-x} \sin x dx$ e $\int_1^{\infty} \frac{\sin x}{\sqrt{x}} dx$

são convergentes, do que saber demonstrar que o limite de um produto é o produto dos limites. E isto tanto é verdade para o aluno de Matemática, quanto para um aluno de Física ou Engenharia.

Quando um professor de certas disciplinas de Engenharia nota em seus alunos grande dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física envolvendo elementos diferentes, isto certamente acusa uma falha do ensino do Cálculo. Mas a falha não pode ser sanada através de um ensino separado do Cálculo só para alunos de Engenharia. Pois os alunos dos cursos de Matemática e Física também precisam aprender as mesmas coisas! Afinal, não é nos cursos de Matemática que se formam os futuros professores de Matemática? E estes, por sua vez, irão ensinar Matemática a alunos de Engenharia! É claro, pois, que eles precisam receber treinamento junto com alunos de Engenharia, Física e de outros cursos, num elenco variado de disciplinas básicas. A profissionalização é que os diferenciara: o aluno de Matemática deverá cursar disciplinas de Análise, Geometria Diferencial, Álgebra, etc., onde ele completará sua formação, enquanto os alunos de outros cursos seguirão direções diferentes.

Tirando algumas conclusões do que dissemos até agora, é claro que o ensino de Matemática deve e pode atender aos objetivos de profissionalização do futuro engenheiro, sem que esse ensino seja feito em separado só para estudantes de Engenharia. E esses objetivos compreendem tanto a necessidade de equipar o futuro engenheiro com uma bagagem de imediata utilização na vida profissional, com a de dar-lhe uma formação intelectual que o capacite a enfrentar situações novas sem respostas prontas.

Aliás, este último ponto é tão importante e pouco compreendido que merece considerações adicionais. O desenvolvimento científico e tecnológico de nossos dias ocorre com muita rapidez para que se possa, num curso de Engenharia apenas, equipar o profissional com toda a bagagem de

conhecimentos que ele necessitar em toda sua vida. E esta impossibilidade se deve não apenas à rapidez da evolução científico-tecnológica, mas também à enorme extensão dos conhecimentos, em qualquer domínio específico. Daí a necessidade mesma da seleção de disciplinas nas composições curriculares; e a vantagem dos cursos que permitem composições flexíveis e variadas, em contraposição ao regime seriado e rígido. Estas observações reforçam o que já dissemos antes: o objetivo principal do ensino de determinada disciplina é a de transmitir suas idéias centrais, seus métodos e técnicas — que não são um receituário — treinando o aluno na apreciação crítica dos tópicos aprendidos e não apenas na sua simples memorização. É este treinamento que dará ao futuro engenheiro condições para enfrenar situações novas em sua vida profissional. Capacitando-o a buscar as soluções adequadas fora do arsenal limitado dos conhecimentos adquiridos durante seu curso.

Falamos há pouco da enorme extensão dos conhecimentos, o que impõe limitações na escolha das disciplinas que devem integrar o currículo de qualquer curso. Daí decorre também a conveniência do ensino de vários tópicos na mesma disciplina, sempre que disso seja possível. Um exemplo típico disso, ilustrado por uma situação já consagrada nos Estados Unidos, é o ensino integrado do Cálculo e da Geometria Analítica numa disciplina única. Não é esta, todavia, a prática entre nós, pois em muitas escolas a Geometria Analítica continua sendo ensinada separadamente, ocupando assim espaço precioso que poderia ser destinado a disciplinas muito relevantes hoje em dia e que não o eram há vinte ou trinta anos atrás, como Computação, Teoria de Grafos, Programação Matemática, etc. Por outro lado, a fusão da Geometria Analítica no Cálculo apresenta inúmeras vantagens que podem ser facilmente apontadas num exame detalhado da apresentação dos vários tópicos.

Sem dúvida, o ensino da Matemática nos cursos de Engenharia suscita uma série de variadas questões, que merecem análise cuidadosa. Nossos comentários, aqui apresentados, restringem-se a algumas dessas questões e não são exaustivos.

Esperamos que eles sejam de algum proveito nos propósitos da ABENGE de bem cuidar do ensino da Engenharia nas escolas brasileiras.

Atenciosamente

Ass. Geraldo Ávila

3.5 Prof. Radiwal da S. Alves Pereira, do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prezado Prof. Giorgetti

Com os meus cumprimentos, segue a contribuição que me fora solicitada pela sua carta datada de 06/04/1982.

Espero que o documento a ser publicado na Revista da ABENGE possa favorecer condições determinantes do objetivo comum de todos nós: o aprimoramento contínuo das condições de ensino na Universidade.

Atenciosamente

Ass. Radiwal da S. Alves Pereira
INSTITUTO DE MATEMÁTICA — UFRJ

O ENSINO DA MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA

I — As informações e as opiniões contidas neste documento não são necessariamente obtidas do consenso de todos os professores do Departamento de Métodos Matemáticos do IM-UFRJ, tendo antes um certo cunho pessoal, como me pareceu desejável em face dos termos da carta a mim dirigida pelo Prof. Marcius F. Giorgetti. Isso não impede que um número ponderável de professores do IM-IFRJ concorde com essas opiniões.

II — A situação atual da Universidade é bastante diversa da que existia ao final da década dos anos 60. Após esse período turbulento seguiu-se um de relativa tranquilidade, quando órgãos financiadores estatais foram ativados, com o objetivo de fornecer recursos para projetos de pesquisa e para apoio aos emergentes programas de pós-graduação da Universidade

Brasileira. A modificação sofrida pela Universidade e a crescente exigência de qualidade no mercado de trabalho de Engenharia, em face de novas tecnologias, determinaram que o currículo dos cursos de Engenharia fosse reexaminado e que, em consequência do reexame feito, fosse aprovado, em 1976, um novo Currículo Mínimo, pela Resolução nº 48/76 do CFE. Mais recentemente e especialmente nestes dois últimos anos, os órgãos financiadores estatais estão gradualmente retirando da Universidade o apoio financeiro que lhes era prestado, sugerindo que os diversos encargos ligados à pesquisa e aos cursos de pós-graduação sejam absorvidos pela própria Universidade. Embora tal política seja defensável, parece-me que, nas grandes Universidades, em geral as de menor agilização nos seus procedimentos, a situação pode tornar-se crítica e, um trabalho sistemático de aprimoramento docente, realizado nestes últimos dez anos, pode ser inteiramente perdido.

III — A respeito das “Recomendações sobre a Matéria Matemática do Currículo Mínimo do Curso de Engenharia”, publicadas em 1977, sou de opinião que ainda permanecem válidas. A EE da UFRJ adaptou o seu Currículo Pleno à nova situação e, a partir de 1978, os alunos ingressos na Universidade passaram a cursar as disciplinas do novo currículo e assim a primeira turma deve concluir seu curso de Engenharia, com o novo currículo, ao final do corrente ano. Sobre as disciplinas complementares, citadas nas “Recomendações”, tem ocorrido que um número ainda pequeno de alunos da EE procuram cursá-las, especialmente aqueles que se destinam à habilitação Eletricidade. E isto, provavelmente, se deve ao fato do Currículo Pleno exigir ao aluno que curse elevado número de disciplinas por período letivo.

IV — Sobre a “Sugestão de Itens para Análise e Discussão” do documento elaborado pelos professores do ICM da Universidade de São Carlos, parece-me que:

IV-1 — O objetivo das Escolas de Engenharia, *ensino de massa*, é absolutamente inadequado, quer seja entendido no seu sentido *depreciativo*, quer seja entendido apenas no seu sentido de ensino para *grandes agrupamentos* humanos. É de notar que, na atual conjuntura nacional (e também mundial), de retração das grandes empresas, a formação de mais pessoal de nível superior seria catastrófica, atendendo a que, mesmo os engenheiros bem qualificados dificilmente têm sido absorvidos pelo mercado de trabalho. O ensino, qualquer que seja a área ou o nível envolvidos, deve ser de *qualidade*, sem o que *não é* ensino. Não me parece razoável no momento, pensar em *ensino de massa*, mesmo que fosse ele *de qualidade*, em face da dificuldade de absorção, pelo mercado de trabalho, acima referida.

Num curso de Engenharia de uma instituição com pequenos recursos, o que ocorre, em geral, na maioria das escolas da órbita privada, parece-me que os objetivos das disciplinas de Matemática devem ser condicionados aos objetivos da parte profissional. Em instituições de maiores recursos, os objetivos das disciplinas de Matemática devem ser mais amplos, de modo a permitir que o futuro engenheiro tenha uma visão também mais ampla da ciência como um todo e dela possa tirar partido nas múltiplas funções, além das puramente técnicas, que pode e deve assumir na sociedade o engenheiro.

IV-2 — Diria que as disciplinas de Matemática devem visar ao duplo objetivo de formação intelectual do futuro engenheiro e de fornecer-lhe instrumento eficiente para utilização nas disciplinas profissionais do curso ou na vida profissional.

No caso de *impossibilidade* de atingir os dois objetivos, diria que, em escolas de amplos recursos, deveria ser valorizado o primeiro objetivo e, nas escolas de menos recursos, deveria ser valorizado o segundo objetivo. E isto porque, em geral, os alunos de maior potencial intelectual estão nas primeiras escolas e os de menor potencial estão precisamente nas escolas menos favorecidas. Tal fato determina, para esses alunos de menor potencial intelectual (quase sempre aqueles pertencentes a grupos menos favorecidos economicamente), a obrigatoriedade de rapidamente procurar trabalho, nem sempre compatível com o nível de conhecimentos que deveria ter um engenheiro.

IV-3 — Eu separaria os alunos do binômio Física-Engenharia dos alunos da Matemática, uma vez que, para estes, os objetivos mais valorizados seriam aqueles formativos de uma estrutura mental que lhes propiciasse ver os aspectos gerais contidos em algum particular problema. Nessas condições, seria desejável que os alunos de Matemática tivessem aulas separadas das dos alunos de Engenharia-Física.

IV-4 – É difícil hoje responder a essa questão de vantagens ou desvantagens de regime semestral sobre o anual, uma vez que a totalidade das escolas já adotou o regime *semestral* para ensino das disciplinas, não permitindo hoje a existência de referencial de comparação entre os dois sistemas. Uma *comparação* do atual regime semestral com o anual, que ocorreu no passado, há mais de 10 anos não teria qualquer validade, uma vez que a situação social está muito modificada e, conseqüentemente, os alunos de hoje são de padrão diferente do que eram naquela época. Talvez um elemento subjetivo, como a *empatia* entre alunos e professor, que pode resultar maior se maior tempo de interação entre eles existir, tenha alguma validade, sugerindo seja o regime anual o que determinaria melhor rendimento do trabalho escolar.

Uma vantagem do regime semestral sobre o anual é o prejuízo menor que tem o aluno quando não consegue ser aprovado em alguma disciplina. Outra vantagem é a possibilidade do aluno escolher, em cada semestre, o conjunto de disciplinas a cursar mais consentâneo com a sua capacidade de trabalho discente.

IV-5 – Na minha opinião o estudo da Álgebra Linear pode e deve ser efetuado simultaneamente com o de Geometria Analítica e, de preferência no primeiro período letivo do currículo, propiciando ao aluno, o mais cedo possível, o uso de linguagem sintética altamente sugestiva.

IV-6 – Talvez já se deva pensar em tornar obrigatória alguma das disciplinas complementares relativas às “Recomendações”, especialmente Teoria dos Grafos para determinadas áreas de profissionalização em Engenharia.

IV-7 – A observação levantada por professores de Mecânica dos Flúidos, Transferência de Calor e Massa, Resistência dos Materiais e outras matérias da Área das Ciências dos Meios Contínuos, de que os estudantes têm dificuldade em acompanhar as aplicações das leis básicas da Física a elementos diferenciais, ou seja, de modo geral, a modelização de fenômenos por meio de equações diferenciais, tem fundamento. No caso, parece-me, a dificuldade pode e deve ser evitada, trabalhando os professores de Matemática em contato permanente com os professores de Física e tendo sempre o cuidado de aproveitar todas as situações possíveis para apresentar um modelo matemático do problema e, se possível, mais de um modelo para cada problema.

V – Finalmente, qualquer que seja a opinião que se tenha dos problemas sugeridos para análise, quero assinalar que a posição do professor em sala de aula deve ser o elemento mais importante do binômio ensino-aprendizagem. A sensibilidade do professor deve prevalecer sobre quaisquer formas de metodologia de orientação que lhe sejam eventualmente impostas ou sugeridas. Deve o professor, qualquer que seja o nível de ensino a que se tenha dedicado, tomar suas decisões próprias, dentro do bom senso e sempre na direção que possa fazer com que seus alunos meditem sobre o que lhes foi ensinado, que executem, por eles próprios os trabalhos discentes e que adquiram a habilidade de transferir o que aprenderam para as situações-problemas que lhes sejam apresentados no futuro.

4. CONCLUSÃO

O Grupo Editorial da Revista de Ensino de Engenharia agradece aos professores que colaboraram com a programação deste primeiro Forum apresentando suas valiosas considerações a respeito do tão importante tema escolhido para o início desta seção permanente da Revista.

Dentro da finalidade e dos objetivos que se desejam com a realização do Forum ABENGE permanece em aberto o assunto ora debatido, sobre o “Ensino da Matemática nos Cursos de Engenharia”. Evidentemente o assunto não se esgota com as manifestações transcritas, e esperam-se novas contribuições da comunidade de docentes de Engenharia sobre o tema em debate. Não se pretende, por essa razão, tirar conclusões finais sobre o assunto, mas sim manter vivo o debate tanto nos próximos COBENGE como nesta própria Revista.

Contribuições específicas sobre o tema poderão ser encaminhadas à Redação da Revista de Ensino de Engenharia.

ARTIGOS

DETERMINAÇÃO E ANÁLISES DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO PARA DEMONSTRAÇÃO DE MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO E RUPTURA

Paulo Jorge Sarkis*
Lucy Martins Sarkis*

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Determinação e análise de peças de concreto armado para demonstração de mecanismos de funcionamento e ruptura. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Relato das experiências dos autores na utilização de ensaios de peças da estrutura na ilustração de Cursos de Graduação de Concreto Armado. Embora os autores já utilizem estes ensaios desde 1970 em diversas partes do curso, foi a partir de 1979 que iniciaram um plano de pesquisa sistemático visando reunir um conjunto de modelos devidamente testado. São relatados com mais detalhes o comportamento dos protótipos, já pesquisados, para ilustração da Compressão e Presso-Flexão. Ao final é feito destaque dos comentários que os autores consideram imprescindível sejam feitos para que alunos de graduação possam ter maior benefício dos ensaios.

Concreto armado. Ensaio. Laboratório. Protótipo. Demonstração.

SARKIS, Paulo Jorge & SARKIS, Lucy Martins. Reinforced concrete component analysis and design to demonstrate crack and mechanisms. *Rev. Ensino Eng.*, S. Paulo, 2:17-23, 2º sem. 1982.

Report on the author's experimental sampling on essays of structural components to classes in reinforced concrete taught at the undergraduate level of civil engineering. Even though the authors have been using such experiments since 1970 in several stages of the course, it was only after 1979 that a systematic research plan was devised to gather a set of tested models. The researched behaviour of prototypes is reported on to illustrated columns under axial and eccentric loads. In closing, the authors make comments on steps that they consider indispensable for undergraduate students to better benefit from the experiments.

Reinforced concrete. Essays. Laboratory. Prototype. Demonstration.

I – INTRODUÇÃO

Embora a ênfase que é dada ao ensino de estruturas de concreto armado, nos cursos de engenharia civil, no nosso país, esta tem sido uma área de ensino tradicionalmente desprovida do acompanhamento de ensaios.

Por outro lado, a maioria das Universidades Federais dispõem de equipamentos de ensaios obtidos a partir de 1967 no contexto de acordos de trocas comerciais entre o Brasil e o Leste Europeu. Estes equipamentos tem sido utilizados, em geral, em pesquisas, principalmente a nível de pós-graduação.

Reconhecendo a poderosa ajuda que os ensaios poderiam trazer ao ensino no nível de graduação e aproveitando a disponibilidade dos equipamentos, iniciamos, a partir de 1970, a utilização de ensaios de peças estruturais no Curso de Concreto Armado. Estes ensaios foram, desde o início, concebidos para demonstrar os diversos mecanismos de ruptura bem como o funcionamento deficiente de armaduras, propositadamente, mal detalhadas.

A princípio utilizamos os modelos mais comuns, representados por vigas submetidas a flexão e cortante com ruptura por escoamento da armadura de flexão, por esmagamento do concreto a flexão (peça super-armada), por cortante e por escorregamento da armadura (falha da ancoragem).

* Departamento de Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.