

O Ensino da Matemática no IST

1. A Matemática numa Escola de Engenharia

Atendendo a que “o grande livro da Natureza se encontra escrito em linguagem matemática” é incontornável o papel essencial desempenhado pelo ensino da Matemática na formação básica em Escolas de Engenharia. Este papel, sendo transversal a todas as ciências, transcende naturalmente as Engenharias, abrangendo um vasto leque desde a Física e a Química às Ciências Informáticas e Biológicas. Não sendo assim necessário realçar o aspecto prioritário de que se reveste a formação básica em Matemática, é no entanto discutível a forma e o conteúdo dessa formação face aos objectivos de uma Escola. Tendo sido solicitada uma contribuição para a discussão em sede da Comissão Coordenadora do Conselho Científico da estratégia para o ensino das ciências básicas, reuniram-se neste texto algumas considerações já anteriormente apresentadas noutros locais, tendo-se adicionado algumas observações provenientes de análises mais recentes.

Uma forte formação básica comum a todas as engenharias é essencial para a caracterização das licenciaturas em Engenharia do IST. A formação básica é um factor estruturante que caracteriza uma escola, determinando desde logo a adaptabilidade dos seus formandos ao rápido desenvolvimento e à inovação tecnológica características da sociedade actual.

Com o objectivo de discutir os sistemas europeus de educação e formação em engenharia, a Sociedade Europeia para a Educação em Engenharia, SEFI, criou um Grupo de Trabalho de Matemática que produziu no início dos anos 90, após 5 encontros realizados em vários Países da Comunidade Europeia, um conjunto de recomendações sobre o "Núcleo Curricular de Matemática para o Engenheiro Europeu". Neste documento, são indicadas várias razões para a importância da Matemática num curriculum de Engenharia. Entre outras, a Matemática:

- Fornece um treino de pensamento racional, e justifica junto do utilizador a confiança no valor deste tipo de pensamento.
- É a principal ferramenta de obtenção de informação quantitativa sobre os sistemas naturais.
- É a segunda língua do discurso humano proporcionando um meio essencial para a comunicação de ideias, como é evidenciado através das publicações técnicas.
- É um factor de formação essencial para a adaptação ao futuro.

A estes aspectos, acresce ainda que o advento dos computadores digitais veio reforçar substancialmente a sua necessidade.

Relativamente aos objectivos a cumprir pelo ensino da Matemática na Engenharia, são feitas, entre outras, as seguintes observações. O engenheiro não necessita de ser um especialista em matemática, mas deve saber:

- interpretar e resolver problemas com modelos cuja solução requeira a aplicação de matemática.
- comunicar eficientemente, sob a forma oral e escrita, resultados analíticos ou estatísticos.
- compreender a modelação matemática de problemas de engenharia, como por exemplo, aqueles cuja formulação conduz a problemas de valores iniciais ou de fronteira para equações diferenciais.
- possuir a capacidade de aceder à literatura técnica.

É de notar que os aspectos referidos têm a maior relevância mesmo para áreas de engenharia menos tradicionais, como por exemplo os relacionados com o ambiente e a biologia, dado o reconhecimento geral da importância crucial que a formação de base matemática tem vindo a adquirir no alargamento do âmbito de intervenção dos profissionais destas áreas. A especificidade de formação que neste aspecto pode ser assegurada por escolas de engenharia que privilegiam uma formação básica em matemática e física exigente e extensa é importante não só para assegurar profissionais preparados para os novos desafios como para garantir vantagens competitivas da formação específica relativamente aos cursos tradicionais oferecidos nestas áreas pelas faculdades de ciências.

Resta portanto discutir as formas de atingir estes objectivos.

2. Métodos de Ensino de Matemática numa Escola de Engenharia

Relativamente aos métodos de ensino, o documento do SEFI afirma ser expectável que o método tradicional de interacção humana aluno/professor se mantenha como necessário no futuro imediato.

Os professores, por seu lado, devem preencher certas características. O engenheiro deve, dentro de limitações razoáveis, ser capaz de pensar em termos matemáticos no núcleo de assuntos correspondente a uma engenharia. Portanto, deve ter professores competentes e motivados, desenvolvendo trabalho científico na área da Matemática e das suas aplicações. Garante-se desta forma no ensino de Matemática para a Engenharia a abertura à perícia, à inovação e ao desenvolvimento.

Acrescenta o documento referido que, onde o ensino da Matemática para a Engenharia é realizado por departamentos apenas utentes de matemática, se correm os riscos de omissão de princípios gerais, duplicação inútil de outros, e utilização inábil e antiquada de ferramentas matemáticas. Necessariamente se conclui que a Matemática

deve ser ensinada por profissionais de Matemática, possuindo bons conhecimentos das aplicações, inseridos em bons departamentos de Matemática, e desenvolvendo activamente a investigação.

Neste aspecto, temos de reconhecer as vantagens oferecidas pelo IST onde não só a formação básica em Matemática é assegurada por profissionais de reconhecida competência científica como, para além disso, a sua constituição contém um elevado número de matemáticos que obtiveram formação de licenciatura em engenharia e física.

Embora o nível de ensino básico de matemática no IST seja comparável ao das melhores escolas de engenharia estrangeiras, é necessário reconhecer que frequentemente se fica aquém em amplitude da matéria tratada. Na verdade, além dos aspectos básicos considerados obrigatoriamente em qualquer curso de engenharia de elevado nível, em escolas de referência como o MIT, Stanford ou Caltech é frequentemente exigida formação matemática mais avançada, nomeadamente em Equações Diferenciais Não-Lineares, Equações às Derivadas Parciais, Cálculo de Variações, etc.

Naturalmente, nas tarefas do ensino não podem ser descuradas todas as ferramentas interactivas desenvolvidas recentemente. No entanto, estas não podem deixar de ser consideradas, na melhor das hipóteses, excelentes auxiliares de formação. Escolas de referência como o MIT já lançaram na internet alguns produtos que correspondem ao que se defende ser mais útil para uma adequada utilização da internet como método complementar do ensino (ver <http://ocw.mit.edu>). Seria bom que o modelo fosse seguido nos eventuais desenvolvimentos de portais na nossa escola.

Relativamente ao tipo de formação que se pretende para o IST, considera-se mais adequado ministrar a todos os alunos uma formação avançada compatível com a formação fornecida em escolas de referência, distinguindo-se claramente de outras escolas, porventura igualmente necessárias e relevantes, que dão outro tipo de formação mais técnica virada para a resolução de problemas práticos específicos. Mais uma vez se refere que a formação de banda larga, acompanhada de uma forte formação básica, são factores de adaptabilidade dos formandos ao rápido desenvolvimento e à inovação tecnológica características da sociedade actual. Naturalmente que se deve defender uma formação a todos os níveis mais virada para as questões conceptuais. Isto não significa necessariamente a defesa de uma formação diletante, pois a formação conceptual pode e deve ser acompanhada da formação mais técnica utilitária (e conseqüentemente menos durável mas não menos desejável) a fornecer na sua devida proporção.

A título de exemplo, quando numa disciplina básica de Matemática como a Álgebra Linear se refere o conceito de independência linear de vectores, várias atitudes podem ser tomadas. Pode, por exemplo, apresentar-se o conceito no plano, depois formalizá-

lo, voltar a exemplificar no espaço estendendo o conceito a \mathbb{R}^3 para finalmente abstrair para \mathbb{R}^n repetindo a argumentação (claro que este processo é acompanhado com exemplos facilmente retirados de problemas comuns nas engenharias). Pode alternativamente tomar-se uma atitude mais ambiciosa que consiste em recorrer inicialmente a exemplos adequados escolhidos de problemas comuns nas engenharias, apresentando logo em seguida a noção abstracta em \mathbb{R}^n salientando a forma como a noção abstracta se adequa aos vários exemplos. Tomando como modelo a Engenharia Electrotécnica, esta forma de apresentar a noção abstracta de independência linear permite de imediato detectar a utilização da mesma noção quer nas componentes do movimento espacial (tridimensional) de uma carga eléctrica quer na análise de Fourier de um sinal (em dimensão infinita). Naturalmente que se considera que o tipo de formação a defender para a escola (enquanto escola de Engenharia) deve ser este último, pois permite que todos os alunos tenham acesso à forte formação básica referida anteriormente.

3. Requisitos à entrada nas Escolas de Engenharia

Regressando à formação básica do engenheiro, sendo claros os objectivos a atingir pelo ensino da Matemática, não é possível deixar de considerar as condições iniciais deste ensino. É por demais conhecida a preparação insipiente com que a larga maioria dos alunos surge à saída do Ensino Secundário. No entanto, como a situação não é exclusiva do ensino português, esta também foi alvo de considerações por parte do Grupo de Trabalho de Matemática da SEFI. Após reconhecer a existência de uma formação de base nada homogénea à entrada dos cursos de Engenharia nas várias instituições europeias, considera ser necessário enfrentar o baixo nível das qualificações académicas que vêm sendo oferecidas à maioria dos estudantes no Ensino Secundário. Indica o documento que algumas instituições têm recorrido à introdução de um "Ano Zero" prolongando assim a duração dos seus graus. O relacionamento desta baixa preparação inicial com as taxas de desistência nas licenciaturas é estabelecida de forma crua numa avaliação feita pelo Accreditation Board for Engineering & Technology, ABET, de um curso de Licenciatura da Universidade de Delft. O curso em causa, atraindo os melhores estudantes da Universidade, apresenta taxas de desistência da ordem dos 50%. O relatório do ABET refere explicitamente que, tendo em vista a inexistência de selecção à entrada, esta elevada taxa de desistência é aceite como inevitável, actuando o primeiro ano como o período durante o qual são filtrados os estudantes com insuficientes aptidões para matemática, física e as engenharias em geral. O acesso em Delft é aberto a todos os alunos aprovados no ensino secundário, e na sua auto-avaliação, o corpo docente é de opinião que no ingresso do curso deveria ser requerida uma classificação mínima em Matemática/Física à saída do secundário de 15 valores (numa escala 0-20).

Muito se tem discutido sobre o presente programa de Matemática do Ensino Secundário que, através de uma rápida sucessão de reformas, se reduziu drasticamente a um programa mínimo. Além disso, muitos Departamentos de Matemática no país são de opinião que o programa foi desprovido dos aspectos de abstracção essenciais, transferindo para a Universidade o ensino de aspectos que anteriormente eram considerados pré-requisitos.

O IST levou recentemente a efeito um teste diagnóstico em que submeteu os seus novos alunos no início do primeiro ano de 2002/2003 a uma prova de aferição. Estando a análise dos resultados ainda a decorrer, são já conhecidos alguns dados notáveis. Aparentemente, as áreas em que os alunos se apresentam com menor preparação correspondem não só aos aspectos relativos ao raciocínio lógico (o que é expectável visto se tratar de uma área transversal de que o programa foi desprovido), mas também, e surpreendentemente, aos aspectos relativos às matérias anteriores ao Ensino Secundário, que actualmente não são convenientemente avaliadas no Ensino Básico. Este facto, a verificar-se, vem confirmar algumas queixas dos professores do Ensino Secundário. Referimo-nos, concretamente, ao cálculo algébrico elementar, incluindo os aspectos básicos de simplificação de fracções, regras de potenciação, etc.

Naturalmente que, se o Secundário e o Básico não fornecem a todos os alunos que chegam à Universidade a formação desejável, a Universidade tem de arranjar os meios de suprir os hiatos de formação detectados sem abdicar dos seus objectivos de formação. Claramente, a Escola deve prosseguir com a execução de testes diagnóstico e retirar ilações da análise dos seus resultados. Será eventualmente necessário tomar decisões imaginativas que permitam manter o desejável elevado nível de formação acessível ao grande número de alunos que a escola presentemente acolhe.

Ao serem diagnosticadas as lacunas de preparação prévia dos alunos, deverão ser previstos esquemas de formação específica intensiva de forma a contribuir para melhorar as condições iniciais para a formação pretendida, à semelhança do que se verifica internacionalmente em países onde a massificação do ensino nos precedeu, com destaque para os EUA.

É igualmente de referir o processo que a escola tem vindo a trilhar com a admissão de variados perfis de provas específicas consoante as áreas a que os estudantes se candidatam. Este processo aumenta a população alvo da escola e permite-lhe ter melhores alunos, mas torna inevitável a consideração de meios alternativos para complementar a formação de alguns dos perfis admitidos.

4. Desenvolvimento Estratégico

Uma vertente que não foi ainda referida mas que consideramos essencial para o desenvolvimento estratégico da escola em aproximação com os modelos de referência, diz respeito ao ensino pós-graduado. Consideramos que este aspecto necessita de ser

bastante mais desenvolvido, sendo necessário recorrer também aqui a soluções imaginativas que permitam à escola fazer a sua projecção científica a nível internacional.

Na formação pós-graduada nos diversos cursos de engenharia, além de eventualmente poder ser necessário responder a necessidades de formação matemática de âmbito geral, deveria ser institucionalizada a possibilidade (e conveniência) de frequentar disciplinas de matemática de nível superior à formação básica do engenheiro. Para o efeito há já presentemente um variado leque de possibilidades que podem ser escolhidas das disciplinas do mestrado em matemática e das disciplinas avançadas da licenciatura em matemática do IST.

O Departamento de Matemática do IST presentemente com 86 doutorados, com um corpo docente jovem e cientificamente activo, com uma projecção internacional notável e com uma assinalável parte do seu corpo docente possuindo formação básica na área das engenharias e da física, encontra-se à altura de corresponder aos desafios que a escola necessita de ultrapassar para manter os objectivos de ensino de formação avançada de banda larga que se propõem.

IST, 26 de Novembro de 2002

O Representante do DM à CCCC

Carlos Rocha