



PROGRAMA DE DOUTORAMENTO
DIPLOMA DE ESTUDOS AVANÇADOS

3º ciclo em Matemática

Adequação no quadro
do Processo de Bolonha

Departamento de Matemática

14 de Junho de 2006

1. Introdução

Alínea a) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

O presente documento trata da adequação do Programa de Doutoramento em Matemática.

Esta adequação surge no contexto da criação dos Diplomas IST, e em particular da sua articulação entre a parte curricular do Programa de Doutoramento já existente e a proposta de criação de um Diploma de Estudos Avançados em Matemática.

A adequação deve ser analisada com base na actual articulação entre a parte curricular do Programa de Doutoramento e o Mestrado em Matemática e Aplicações tendo em conta a sua criação/adequação no contexto do Processo de Bolonha.

O Programa de Doutoramento em Matemática foi formalmente regulamentado em 2001, introduzindo uma parte curricular e a admissão em tese sujeita a exames de qualificação. Esta adequação mantém essas componentes, através da introdução de um diploma IST (Diploma de Estudos Avançados – DEA) que corresponde à parte curricular.

O número de teses de doutoramento em Matemática, atribuídas anualmente, tem sido superior a 8 nos anos mais recentes, num total de 48 desde 2000:

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (até Junho)	Ano
6	8	2	8	9	8	7	PhD IST
48	37	42	58	61	63	...	PhD Portugal (*)

(*) fonte: OCES – doutoramentos em Matemática realizados ou reconhecidos por universidades portuguesas, num total de 733 doutoramentos registados desde 1970.

(em Anexo encontra-se uma lista detalhada com o título das teses defendidas no IST durante este período)

Nos anos mais recentes o número total de alunos nas diversas fases do programa de doutoramento tem sido superior a 30, e para além da frequência do programa de doutoramento por alunos nacionais tem-se verificado também a frequência de alguns alunos de outras nacionalidades.

O Programa de Doutoramento em Matemática do IST é assim uma iniciativa já bem consolidada no panorama nacional, e esta adequação ao Processo de Bolonha visa essencialmente manter os aspectos positivos com vista a uma maior projecção internacional.

2. Objectivos Visados

Alínea b) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006
Objectivos visados pelo ciclo de estudos

Os princípios orientadores para a adequação são os seguintes:

a) Manutenção dos aspectos positivos do modelo anterior
- Programa de Doutoramento em Matemática -

O Programa de Doutoramento em Matemática tem aspectos singulares a nível nacional que têm permitido uma base de atracção a nível nacional (e mesmo internacional) estável e de elevada qualidade:

- Um corpo docente com elevados índices de produção científica (ver capítulo 6), que integra o maior Departamento de Matemática do país.
- Possibilidade de diversidade de formação em diferentes áreas científicas.
- Inserção no Instituto Superior Técnico, que potencia uma formação ligada à ciência e tecnologia.
- Flexibilidade na elaboração dos planos de estudo, permitindo aos alunos de doutoramento adequá-los aos seus objectivos científicos. Em particular, a livre escolha de opções tem permitido ao aluno definir um perfil de enquadramento para o seu doutoramento.

b) Harmonização com o 2º ciclo : MMA e restantes mestrados

A presente adequação do Programa de Doutoramento teve como preocupação permitir que os alunos do 2º ciclo (MMA) possam orientar a sua formação no âmbito do Programa de Doutoramento. Por outro lado, é previsto um programa de transição individual, para alunos com formações noutras áreas de ciência ou engenharia. No programa de transição será suficiente a frequência de disciplinas fundamentais do 1º ano do MMA, que se constituam como precedência de conhecimento para as disciplinas do Diploma de Estudos Avançados.

De acordo com o espírito da Declaração de Bolonha, o 3º ciclo de formação em Matemática dirige-se simultaneamente a alunos que tenham completado o 2º ciclo em Matemática (MMA) - no IST ou noutra escola - e a alunos provenientes de outros mestrados nacionais e estrangeiros.

No 3º ciclo prevê-se um programa de transição para alunos com formações distintas, que permitirá uma rápida inserção no final do primeiro ano lectivo, e que poderá ser integrada com a frequência simultânea de disciplinas do Diploma de Estudos Avançados.

c) Diploma de Estudos Avançados e Tese de Doutoramento

A separação entre a parte curricular e a parte de elaboração da tese é efectuada através do Diploma de Estudos Avançados em Matemática, diploma regulamentado pelo IST no quadro dos Diplomas IST para o 3º ciclo de estudos.

A estrutura do 3º ciclo pode ser dividida em 2 fases com objectivos distintos:

- **1.** O aluno insere-se no 3º ciclo de estudos em Matemática, através do Diploma de Estudos Avançados em Matemática (DEA-M). Os objectivos nesta fase são:
 - Consolidar os seus conhecimentos em Matemática com ênfase na área científica em que pretende desenvolver esses estudos. Para esse efeito, pode ser necessário um programa de transição que envolve a frequência de disciplinas propedêuticas do 2º ciclo - Mestrado em Matemática e Aplicações.
 - Adquirir conhecimentos e competências na área científica em que pretende desenvolver os estudos do 3º ciclo. Para esse efeito deve frequentar a parte curricular do DEA-M, através da frequência de disciplinas e de uma componente de Seminário de Investigação, onde tomará contacto com matérias de investigação actual.
- **2.** Os alunos admitidos, por aprovação em dois Exames de Qualificação, podem prosseguir o Programa de Doutoramento em Matemática, que visa os seguintes objectivos:
 - Orientar os alunos num tópico de investigação no quadro das áreas científicas do Programa de Doutoramento. Prevê-se o processo normal de livre escolha de orientador, com a anuência deste, e subsequente acompanhamento por uma comissão, conforme previsto no Regulamento de Doutoramentos do IST.
 - Adquirir competências próprias num domínio de investigação que sejam relevantes na comunidade internacional e que suportem a defesa de uma tese original na área científica.

A separação entre a parte curricular e a parte de elaboração de tese permite atribuir um diploma aos alunos que tenham demonstrado a aquisição de conhecimentos avançados na área científica, separando esta componente da demonstração de competência na elaboração e defesa de uma tese original que vise a atribuição do grau de doutor.

3. Créditos por unidades curriculares

Alínea c) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

Fundamentação do número de créditos atribuído a cada unidade curricular

O número total de créditos, a duração total do ciclo de estudos e o número de créditos de cada unidade curricular tem por base a nova legislação decorrente do Processo de Bolonha.

A contabilização de créditos adoptada no Diploma de Estudos Avançados em Matemática é semelhante à dos restantes cursos do Instituto Superior Técnico.

A legislação^{1,2} que regula a organização dos curricula resultantes da implementação do processo de Bolonha, impõe que esta organização deverá ter como base o número de horas de trabalho do estudante (HT) medidas através de créditos (ECTS), tendo sido adoptado

- 1 ECTS = 28 HT.

Diploma de Estudos Avançados

Consideram-se três tipos de unidades curriculares:

- disciplinas D:
 - disciplinas dirigidas ao 3º ciclo
 - encerram uma maior componente de estudo individual, distinguindo-se do formato das disciplinas de 1º e 2º ciclo que prevêem uma componente de acompanhamento com aulas práticas
 - consideram-se 6 ECTS – 3h teóricas lectivas semanais
- disciplina M:
 - disciplina de opção avançada de 2º ciclo (Mestrado em Matemática e Aplicações);
 - consideram-se 6 ECTS – 3h aulas teóricas semanais, 1h30 aulas práticas (opcionais) que decorrem no mestrado.
- seminário de investigação:
 - componente presencial obrigatória, sem avaliação.
 - considera-se 1 ECTS que inclui a componente presencial (prevendo-se um seminário semanal), e uma parte de estudo individual do aluno com vista à aquisição e inserção de alguns dos conhecimentos transmitidos.

Esta contabilização tem em conta o esforço médio dos alunos que se fundamenta na experiência de funcionamento das unidades curriculares que têm integrado o Programa de Doutoramento em Matemática até ao presente. Este programa tem funcionado com 6 disciplinas com uma carga lectiva semanal de 3h teóricas e com um acompanhamento em horários de atendimento aos alunos. Este modelo tem permitido um bom compromisso entre o desenvolvimento de competências em áreas distintas e o trabalho em profundidade, desenvolvendo as capacidades dos alunos na resolução de problemas novos e avançados.

A menor carga presencial prevê ainda a possibilidade de frequência de disciplinas propedêuticas para os alunos que necessitem de frequentar o Programa de Transição, ou para os alunos que pretendam rever esses conhecimentos com vista à preparação para os Exames de Qualificação.

¹ Decreto-Lei n.º42/2005 de 22 de Fevereiro de 2005 – Princípios reguladores de instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior.

² Despacho n.º 10 543/2005 (2ª série) de 11 de Maio de 2005 – Normas técnicas para a apresentação das estruturas curriculares e dos planos de estudos dos cursos superiores e sua publicação.

4. Organização do Ciclo de Estudos

Alínea d) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

Fundamentação do número total de créditos e da duração do ciclo de estudos

O 3º ciclo de estudos em Matemática tem duas componentes:

- Diploma de Estudos Avançados em Matemática (**DEA-M**)
- Programa de Doutoramento em Matemática (**PD-M**)

O DEA-M decorre durante um ano curricular e é parte integrante do PD-M em que se prevê uma duração total entre 3 e 5 anos curriculares.

- **Diploma de Estudos Avançados em Matemática (DEA-M)**

O IST organiza o DEA-M num modelo de 32 (=30+2) ECTS em dois semestres. A parte curricular é semelhante à já existente e contempla 5 disciplinas (30 ECTS).

- 4 ou 5 disciplinas D, específicas do diploma (e do doutoramento);
- 0 ou 1 disciplina M entre as disciplinas de opção avançadas do MMA.
- É incorporada uma componente semestral de Seminário com 2 (=1+1) ECTS.

Assim, adopta-se para o Diploma de Estudos Avançados em Matemática do IST um trabalho curricular correspondente a 840 horas nas 5 disciplinas.

- **Programa de Doutoramento em Matemática (PD-M)**

O PD-M tem as seguintes componentes:

- Parte curricular : conclusão do DEA-M (1 ano)
- Admissão: Exames de Qualificação (em simultâneo com o DEA-M). Neste ponto prevê-se um estudo autónomo, não superior a 28 ECTS (784 horas).
- Elaboração e defesa da Tese de Doutoramento (2 a 4 anos). Prevê-se o acompanhamento dos trabalhos por uma Comissão constituída pelo orientador e por dois outros professores especialistas na área científica da tese.

4.1 Áreas Científicas do DEA-M

São áreas científicas do *Diploma de Estudos Avançados em Matemática*, onde se enquadram as disciplinas do plano curricular, as seguintes áreas científicas do Departamento de Matemática:

- *Lógica e Computação*
- *Álgebra e Topologia*
- *Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos*
- *Análise Real e Análise Funcional*
- *Geometria*
- *Análise Numérica e Análise Aplicada*
- *Física-Matemática*
- *Probabilidades e Estatística*

A presença área científica de Probabilidades e Estatística no DEA em Matemática prevê uma formação curricular leccionada em simultâneo com o DEA em Estatística e Processos Estocásticos.

4.2 Áreas Científicas do PD-M

São áreas científicas do Programa de Doutoramento em Matemática, onde se enquadram os temas de tese de doutoramento, as seguintes áreas científicas do Departamento de Matemática:

- *Lógica e Computação*
- *Álgebra e Topologia*
- *Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos*
- *Análise Real e Análise Funcional*
- *Geometria*
- *Análise Numérica e Análise Aplicada*
- *Física-Matemática*

A área científica de Probabilidades e Estatística é contemplada no doutoramento em Estatística e Processos Estocásticos, não se excluindo a possibilidade de doutoramentos em Matemática que se enquadrem nessa área através de ligações com as áreas científicas enunciadas, por exemplo, Análise Real (Teoria da Medida), Equações Diferenciais (Estocásticas), Física-Matemática (Mecânica Estatística), etc.

4.3 Admissão ao PD-M

Para prosseguir no Programa de Doutoramento em Matemática, com vista à defesa da tese de doutoramento, é condição de admissão obrigatória para todos os alunos a aprovação em dois dos seguintes Exames de Qualificação:

- | | |
|--------------------------------|---|
| • <i>Álgebra</i> | (área científica: <i>Álgebra e Topologia</i>) |
| • <i>Geometria e Topologia</i> | (área científica: <i>Geometria</i>) |
| • <i>Análise Matemática</i> | (áreas científicas: <i>An. Real An. Func. e Eq. Dif. Sist. Din.</i>) |
| • <i>Análise Numérica</i> | (área científica: <i>An. Numérica e An. Aplicada</i>) |
| • <i>Lógica e Computação</i> | (área científica: <i>Lógica e Computação</i>) |

De acordo com o regulamento de doutoramentos do IST estes dois exames devem ser realizados no primeiro ano curricular, estando previsto serem oferecidos semestralmente.

4.4 Programa de Transição (Bridging Program):

Tendo em vista o duplo objectivo de oferecer uma formação diversificada e garantir uma base de conhecimentos sólida em Matemática, prevê-se que haja necessidade de frequentar um programa de transição, com base no 2º ciclo de formação - *Mestrado em Matemática e Aplicações*.

Considera-se uma possível heterogeneidade na formação dos alunos que podem frequentar o diploma, em particular:

- *Alunos que completaram o MMA*
- *Alunos de outros mestrados em Matemática nacionais ou estrangeiros*
- *Alunos de outros mestrados do IST*
- *Alunos de outros mestrados científicos nacionais ou estrangeiros*

Prevê-se que estes alunos possam ingressar no DEA mediante formação prévia e aprovação em disciplinas fundamentais do 1º ano do Mestrado em Matemática e Aplicações. Esta necessidade de formação propedêutica será definida individualmente pela coordenação do Diploma.

Assim, é perfeitamente razoável admitir que na maioria dos casos esta componente de transição não ultrapasse 30 ECTS, constituindo uma base para a preparação para os exames de qualificação.

É assim perfeitamente exequível frequentar o DEA-M em simultâneo, de forma a perfazer os normais 60 ECTS anuais.

4.5 Organização do Diploma de Estudos Avançados

Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau ou diploma:

QUADRO N.º 1

ÁREA CIENTÍFICA	SIGLA	CRÉDITOS	
		OBRIGATÓRIOS	OPTATIVOS
Área Científica de Análise Real e Análise Funcional	ARAF		18
Área Científica de Álgebra e Topologia	AlgTop		18
Área Científica de Lógica e Computação	LogCom		18
Área Científica de Análise Numérica e Análise Aplicada	ANAA		18
Área Científica de Geometria	Geom		18
Área Científica de Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos	EDSD		18
Área Científica de Física-Matemática	FM		12
Área Científica de Probabilidades e Estatística	PE		12
Competências Transversais	CT	2	
Opção Externa (*)	O		12
TOTAL		2	30

(*) A Opção Externa contempla a possibilidade de ser oferecida por um outro DEA do IST, ou de outras instituições nacionais ou estrangeiras, com as quais estejam estabelecidos protocolos (por exemplo, escolas do CLUSTER).

- As opções necessitam de aprovação da Coordenação de Estudos em que se insere o Diploma.

- Indica-se o número máximo de créditos a realizar em cada área científica, o que corresponde a um máximo de 3 (ou 2) disciplinas na mesma área científica.

DIPLOMA DE ESTUDOS AVANÇADOS EM MATEMÁTICA**1ºSemestre****QUADRO N.º 2**

Unidades curriculares	Área científica	Créditos	Observações
(1)	(2)	(6)	(7)
Tópicos de Análise Aplicada e Numérica	ANAA	6	D
Mét. Num. e Matemáticos em Mec. Fluidos	ANAA	6	D
Tópicos de Teoria de Operadores	ARAF	6	D
Tópicos de Álgebras de Operadores	ARAF	6	D
Grupos e Álgebras de Lie	Geom	6	D
Lógica Modal	LogCom	6	D
Sistemas Dinâmicos Dimensão Infinita	EDSD	6	D
Equações Diferenciais Parciais de Evolução	EDSD	6	D
Cálculo de Variações em EDPs	EDSD	6	D
Tópicos Avançados de Probab. e Proc. Estoc.	PE	6	D
Opção MMA	O	6	M
Opção Externa	O	6	D
Seminário de Investigação I	CT	1	D

2ºSemestre**QUADRO N.º 3**

Unidades curriculares	Área científica	Créditos	Observações
(1)	(2)	(6)	(7)
Teoria da Homotopia	AlgTop	6	D
Topologia Diferencial	AlgTop	6	D
Problemas Inversos Eq. Dif. e Imagiologia Médica	ANAA	6	D
Operadores Pseudodiferenciais	ARAF	6	D
Monopólos e Curvas Algébricas	FM	6	D
Teoria do Campo e Cordas	FM	6	D
Geometria Algébrica	Geom	6	D
Geometria Simplética	Geom	6	D
Computação, Informação, Lógica Quânticas	LogCom	6	D
Novos Paradigmas da Computação	LogCom	6	D
Sistemas Dinâmicos Discretos	EDSD	6	D
Teoria da Bifurcação em Eq. Diferenciais	EDSD	6	D
Opção MMA	O	6	M
Opção Externa	O	6	D
Seminário de Investigação II	CT	1	D

Observações: (Quadros 2 e 3)

- (i) Escolher 32 ECTS no conjunto das disciplinas nos dois quadros.
- (ii) Opção MMA: Escolher apenas 1 disciplina do MMA (ver Anexo).
- (iii) Opção Externa: *designa uma disciplina oferecida por um outro DEA do IST, ou de outras instituições nacionais ou estrangeiras, com as quais estejam estabelecidos protocolos (por exemplo, escolas do CLUSTER). No caso de instituições estrangeiras prevê-se que as duas Opções Externas ocorram no mesmo Semestre.*

5. Adequação e metodologias de ensino

Art.º 28 do Decreto-Lei 74/2006
Alínea e) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

(i) Demonstração da adequação do ciclo de estudos e metodologias de ensino à aquisição das competências

Os alunos que realizem com êxito o curso devem satisfazer os seguintes requisitos que são descritos no artigo 28º (Doutoramento) do Decreto-Lei 74/2006.

Capacidade de compreensão sistemática num domínio científico de estudo

Mantendo a flexibilidade da escolha garantida pelo sistema de créditos, o plano de curso do DEAM está organizado de acordo com as áreas científicas. Esta organização garante que a formação oferecida não é um conjunto de unidades curriculares dispersas mas está, pelo contrário, organizada em grupos coerentes.

Esta estrutura tem a virtude de explorar sinergias pois permite que o mesmo tema possa ser estudado por alunos de várias áreas, evitando uma estruturação rígida da oferta de formação.

Competências, aptidões e métodos de investigação associados a um domínio científico

Este requisito é satisfeito através do trabalho de investigação realizado pelo aluno no âmbito da tese de doutoramento. A preparação da tese de doutoramento envolve fases muito variadas que dão ao aluno um conhecimento directo acerca dos métodos de investigação em Matemática.

Tipicamente, o trabalho de doutoramento envolve a escolha de um tema avançado, a caracterização do estado do conhecimento e identificação de questões em aberto, a caracterização do problema identificando as principais dificuldades, a construção de modelos e de soluções inovadoras e a validação das soluções encontradas comparando-as com as existentes. Estas várias fases do processo de doutoramento dão ao aluno um conhecimento profundo do processo de investigação.

Em cada fase, a aprendizagem resulta do contacto directo entre o aluno e o seu orientador científico que lhe transmite não só o conhecimento acerca dos métodos de investigação mas também outros valores igualmente importantes como a curiosidade científica, o rigor ou atitudes éticas.

Capacidade para conceber, projectar, adaptar e realizar uma investigação significativa respeitando as exigências impostas pelos padrões de qualidade e integridade académicas

O trabalho da tese requer que o aluno desenvolva capacidades para estabelecer objectivos de investigação avançados e seja capaz de os concretizar. Este trabalho é acompanhado pelo orientador científico com quem o aluno estabelece uma forte interacção.

Desde cedo o aluno é confrontado com níveis de qualidade não só da comunidade local (universidade, país) mas com níveis de qualidade internacionais.

A nível local o aluno é integrada com a comunidade de investigação local formada pelos professores do departamento, investigadores, *post-docs* dos centros de investigação.

Isso permite-lhe interagir com investigadores mais experientes, de forma habitualmente informal e conhecer os padrões éticos e de qualidade da comunidade em que se insere.

O acesso a revistas científicas de referência em Matemática, em biblioteca ou *online*, ajuda também a estabelecer um padrão para a melhor investigação realizada a nível internacional.

A internacionalização referida reflecte-se no facto de algumas teses de doutoramento terem co-orientadores estrangeiros, e de um número significativo de júris das provas integrarem professores também estrangeiros.

Ter realizado um conjunto significativo de trabalho de investigação original que tenha contribuído para o alargamento das fronteiras do conhecimento, parte do qual mereça a divulgação nacional ou internacional em publicações com comité de selecção

A realização de trabalho de investigação significativo e original é um pré-requisito básico para a aprovação de uma tese de doutoramento que o IST, e o DM em particular, sempre tem aplicado, com rigor, na análise das suas teses de doutoramento.

A maioria dos alunos terminam o seu doutoramento com artigos publicados em revistas internacionais de referência. É uma prática comum nas melhores universidades estrangeiras e que se encontra consolidada neste programa de doutoramento. Traduz um facto muito simples e importante. O padrão de qualidade incentivado nos alunos a atingir é um padrão internacional.

Ser capazes de analisar criticamente, avaliar e sintetizar ideias novas e complexas;

No modelo de ensino a praticar dá-se ênfase a uma grande interacção entre os alunos e os professores. Esta interacção respeita o funcionamento das aulas presenciais, em que os alunos são chamados a intervir de uma maneira crítica, participando na discussão dos temas abordados, quer através de projectos e trabalhos que os alunos devem defender. Estes trabalhos colocam desafios à imaginação e capacidade técnica dos alunos, fomentando ainda nestes o interesse e capacidade de pesquisa e inovação.

Ser capazes de comunicar com os seus pares, a restante comunidade académica e a sociedade em geral sobre a área em que são especializados;

Na realização dos trabalhos que integram a generalidade das unidades curriculares, os alunos devem apresentar relatórios por escritos e defendê-los oralmente, quer perante o professor, quer perante os seus colegas, que assim se assumem como um núcleo de debate. Para além disso, os melhores trabalhos são estimulados a serem submetidos a conferências com revisão pelos pares ou mesmo a revistas.

Deve ainda referir-se que os alunos são inseridos em grupos de investigação muito cedo, o que fomenta o desenvolvimento de uma cultura científica e a troca de informação com investigadores mais experientes.

Ser capazes de, numa sociedade baseada no conhecimento, promover, em contexto académico e ou profissional, o progresso tecnológico, social ou cultural.

Faz parte da cultura do Instituto Superior Técnico o respeito por valores éticos, os quais são transmitidos, entre outras coisas pela vivência, aos alunos. Daqui decorre que o conhecimento científico e tecnológico não é encarado abstractamente, mas sim como um motor de progresso nas vertentes tecnológica, social e cultural.

Nas aulas são citados exemplos de pontos de vista filosóficos e/ou históricos que são concorrentes com o ensino dos aspectos estritamente científicos/tecnológicos. A relação entre a inovação e a fundamentação científica constitui um exemplo. Isto estimula nos alunos uma atitude crítica no confronto entre a tecnologia e a sociedade. A formação dos alunos é encarada como um meio de valorização com impacto económico, quer no indivíduo, quer na sociedade.

(ii) Demonstração da adequação do ciclo de estudos e metodologias de ensino aos objectivos

A estrutura do DEA-M combina unidades curriculares avançadas mas com um razoável espectro largo, que exigem e induzem uma formação científica sólida em muitos aspectos comuns às áreas científicas adjacentes.

Por outro lado, consideram-se unidades curriculares mais específicas, próximas de áreas de aplicação, assim possibilitando a sua frequência por alunos de DEA de outros programas de doutoramento não inseridos no Departamento de Matemática (por exemplo: Eng. Aeroespacial, Eng. Biomédica, Eng. Informática).

A flexibilidade da escolha baseada num regime de créditos garante que um dado formando pode definir um perfil que, garantindo a profundidade necessária na formação, combina os dois tipos de unidades curriculares. Isto permite não só uma formação específica avançada mas também um abrir de perspectivas sobre um leque mais vasto de conhecimentos, instrumental para o progresso do conhecimento científico e tecnológico. Os métodos utilizados são fortemente baseados no trabalho dos alunos, quer individual, quer em grupo, o que os expõe e estimula a sua qualidade e profundidade.

6. Recursos Humanos e Comparação Europeia

Alínea a) do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

Alínea b) do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

Alínea f) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

6.1 Corpo docente

Alínea a) do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

Corpo docente próprio, qualificado

O presente Diploma de 3º ciclo em Matemática será da responsabilidade do Departamento de Matemática do IST (DM-IST). O DM-IST é o maior departamento de Matemática do país:

- mais de 100 doutorados, professores na carreira académica.
- 3 centros de investigação (classificados pela FCT com Excelente ou Muito Bom) que desenvolvem vários programas de seminários de investigação, e que acolhem post-docs e professores visitantes de elevado prestígio – o que permite a oferta de cursos avançados.

Este corpo docente desenvolve forte actividade científica de impacto internacional, conforme se pode avaliar nos Quadros 1 e 2 seguintes que atestam a liderança na produção científica a nível nacional, e uma produção que não se afasta da média das Escolas de referência que integram o CLUSTER.

Para além desta capacidade científica, os professores do Departamento de Matemática têm uma vasta experiência na leccionação de disciplinas correspondentes ao nível do 3º ciclo proposto, no quadro do anterior Programa de Doutoramento e Mestrado em Matemática e Aplicações. Possui assim recursos humanos altamente qualificados para corresponder às exigências científicas e pedagógicas próprias de um 3º ciclo com uma qualidade de ensino ao mais alto nível europeu.

6.2 Recursos necessários à realização de investigação

Alínea b) do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

Existência de recursos necessários à realização de investigação

(i) Como referido anteriormente, o corpo docente do DM está activamente envolvido em actividades de investigação científica, principalmente através das unidades com sede no departamento:

- CAMGSD: Centro de Matemática, Geometria e Sistemas Dinâmicos
- CEMAT: Centro de Matemática e Aplicações
- CLC: Centro de Lógica e Computação

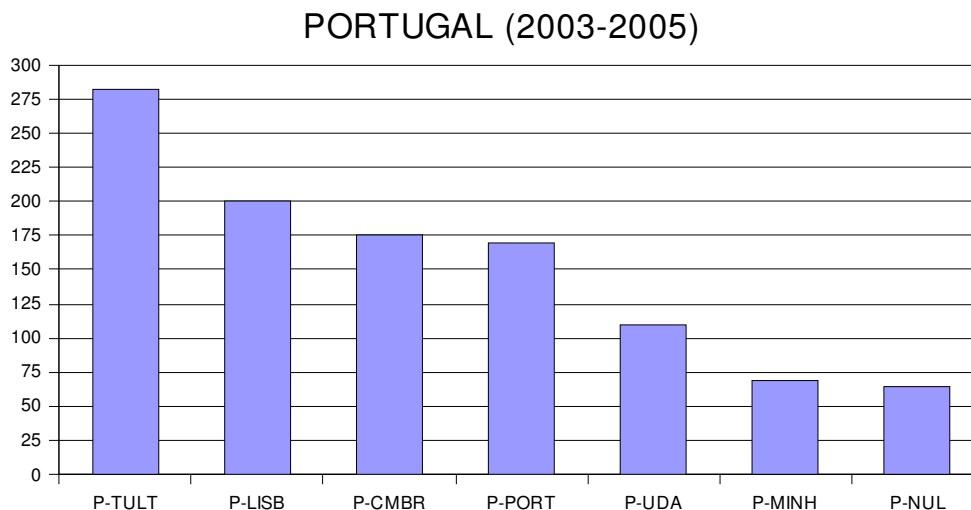
classificadas pelos painéis internacionais da FCT com Excelente (CAMGSD) e Muito Bom (CEMAT e CLC).

(ii) Estas unidades possuem também recursos físicos, atribuídos pelo Departamento de Matemática, que permitem todas as condições para a realização de investigação em Matemática e Matemática Aplicada, incluindo uma vertente de aplicações computacionais.

Em particular, conta-se o acesso a uma bem organizada rede de computadores, a bibliotecas de livros e revistas, e a todas as infra-estruturas que o departamento disponibiliza.

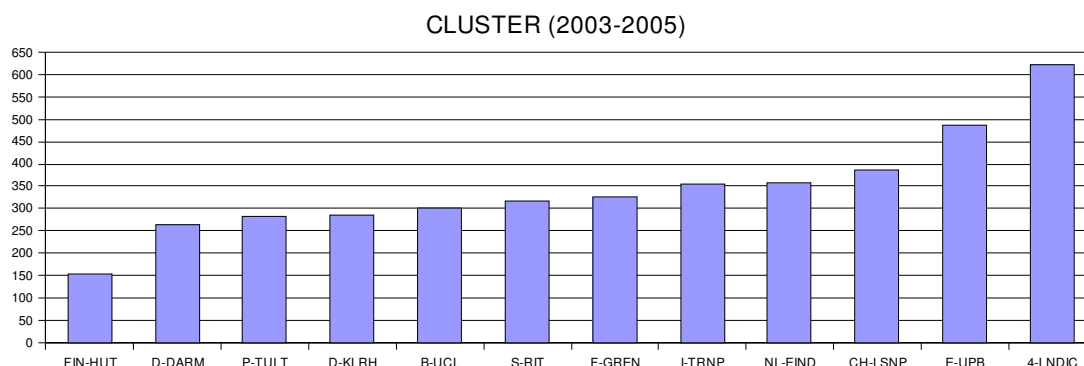
(iii) Para além da produção científica é de destacar a liderança de projectos científicos nacionais e internacionais, bem como a organização de um elevado número de seminários, cursos, *workshops* e conferências internacionais, nas várias áreas científicas.

Quadro 1: Publicações em Matemática a nível nacional (2003-05)



Fonte: MathSciNet (em Maio de 2006)

P-TULT: Instituto Superior Técnico
 P-LISB: Universidade de Lisboa
 P-CMBR: Universidade de Coimbra
 P-PORT: Universidade do Porto
 P-UDA: Universidade de Aveiro
 P-MINH: Universidade do Minho
 P-NUL: Universidade Nova de Lisboa

Quadro 2: Publicações em Matemática nas Escolas do CLUSTER (2003-05)

CLUSTER:

FIN-HUT: Helsinki Tech. Univ. - Finland
 D-DARM: Darmstadt Tech. Univ. - Germany
 P-TULT: Inst. Superior Técnico - Portugal
 D-KLRH: Karlsruhe Tech. Univ. - Germany
 B-UCL: Univ. Cath. Louvain - Belgium
 S-RIT: Royal Inst. Tech. (KTH) Sweden
 F-GREN: Univ. Grenoble – France
 I-TRNP: Politecnico di Torino – Italy
 NL-EIND: Tech. Univ. Eindhoven – Netherlands
 CH-LSNP: E. Polyt. Fed. Lausanne- Switzerland
 E-UPB: Polyt. Univ. Catalunya – Spain
 4-LNDIC: Imperial College London - UK

6.3 Análise comparativa com cursos similares no espaço europeu

Alínea f) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

Análise comparativa com cursos similares ministrados no espaço europeu

A organização do 3º ciclo está também em fase de evolução no espaço europeu, no quadro do processo de Bolonha.

Uma parte significativa de Escolas tem vindo a adoptar uma componente curricular que antecede a parte do programa de doutoramento. Aliás, a designação adoptada pelo IST, é uma designação já comum em França – DEA – *Diplôme d'études approfondies*.

Em França, este tipo de formação antecede a parte de elaboração de tese de doutoramento e tem duração contida num ano curricular.

Noutros países não há uma correspondência tão directa, sendo muitas vezes esta parte curricular ligada ao mestrado – *master in science* – MSc. No entanto, na adequação proposta para o Mestrado em Matemática e Aplicações procurou-se inserir a formação dada ao nível dos últimos anos da LMAC – Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação – o que significa ser necessário completar a formação curricular dos alunos com vista à preparação para doutoramento.

Assim, é seguido um modelo único no IST, que se revela adequado não apenas para as diversas Engenharias mas também para a formação avançada em Matemática, com um leque adequado de disciplinas especializadas à semelhança de ofertas que é frequente observar nas melhores universidades dos E. U. A.

7. Avaliação Externa

Alínea c) do Art.º 29 do Decreto-Lei 74/2006

Demonstração de experiência acumulada de investigação sujeita a avaliação

Alínea g) do Art.º 63 do Decreto-Lei 74/2006

Forma como os resultados de avaliação externa foram incorporados na organização do ciclo de estudos.

A actividade de investigação dos professores do DM é realizada em Centros de Investigação financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) que são sujeitos periodicamente a avaliações independentes por painéis de investigadores internacionais e que receberam a classificação de Excelente ou de Muito Bom, em particular enunciam-se os centros constituídos no Departamento de Matemática:

- CAMGSD: Centro de Matemática, Geometria e Sistemas Dinâmicos (Excelente)
- CEMAT: Centro de Matemática e Aplicações (Muito Bom)
- CLC: Centro de Lógica e Computação (Muito Bom)

Esta avaliação atestou nos seus relatórios a elevada qualidade dos vários investigadores, tendo sido um estímulo ao desenvolvimento da investigação, ao desenvolvimento de iniciativas com vista a completar formação dos alunos – seminários, cursos breves, workshops, conferências, etc.

Outras formas de avaliação externa, que atestam a qualidade do corpo docente:

- a produção científica que é aceite para publicação nas revistas de topo de investigação em Matemática;
- os vários elementos do DM que são chamados a tarefas de arbitragem de artigos, livros ou projectos internacionais: *reviewing, refereeing...*
- os vários elementos do DM que são convidados para proferir palestras convidadas em conferências internacionais, enquanto *invited speakers, keynote lecturers, etc.*

A longa experiência de ensino a nível de doutoramento acumulada no DM durante cerca de duas décadas, demonstram a capacidade científica e experiência necessárias para garantir um programa de doutoramento com elevada qualidade científica.

Anexo - Doutoramentos em Matemática no IST (desde 2000)

2006	
Título da Tese (data de defesa) Autor	Orientador(es)
<i>On the Algebraic, Differential, Integral and Spectral Properties of Mercer-Like Kernels</i> (26-01-2006) António Carlos dos Santos Paixão	Jorge Buescu
<i>Algebras of Bergman Type Operators with Piecewise Continuous Coefficients</i> (10-01-2006) Luís Filipe Pessoa	Y. Karlovich M. Amélia Bastos
<i>Geometric quantization and the coherent state transform</i> (02-02-2006) Pedro Miguel Matias	José Mourão
<i>Fatorização Generalizada de uma Classe de Símbolos Triangulares Quase-Periódicos</i> (17-02-2006) Maria do Carmo Martins	Cristina Câmara
<i>Khovanov homology of links and graphs</i> (31-03-2006) Marco Stosic	Roger Picken
<i>Quantum Integrable Systems with Jordanian Twist</i> (20-04-2006) Nuno Filipe Cirilo António	Nenad Manojlovic A. Ferreira dos Santos
<i>Representations of tangles by operators</i> (09-06-2006) Rui Pedro Cabrita Carpentier	Roger Picken

2005	
Título da Tese (data de defesa) Autor	Orientador(es)
<i>Logics of formal inconsistency</i> (16-02-2005) João Marcos Almeida	Carlos Caleiro
<i>Development of 1D Fluids Models using the Cosserat Theory. Numerical Simulations and Applications to Haemodynamics</i> (05-04-2005) Fernando Manuel Lucas Carapau	Adélia Sequeira
<i>Soluções Caóticas em Equações às Derivadas Parciais</i> (19-04-2005) Sandra Maria Santos Vinagre	José Sousa Ramos
<i>Produtos Tensoriais em Dinâmicas de Aplicações Triangulares</i> (13-07-2005) Diana Aldea Mendes	José Sousa Ramos
<i>Mathematical and Numerical Analysis of Non-Newtonian Fluids in Curved Pipes</i> (15-07-2005) Marília Oliveira Pires	Adélia Sequeira
<i>Os Infinitésimos Actuais e a Caracterização do Contínuo Conexo</i> (19-07-2005) José Roquette	A. Franco de Oliveira Paulo Almeida
<i>Teoria de dimensão de sistemas dinâmicos: Medidas invariantes e análise multifractal</i> (23-09-2005) Lucian Radu	Luís Barreira
<i>Teoria espectral e sistemas dinâmicos</i> (12-12-2005) Sara Luísa Dimas Fernandes	José Sousa Ramos

2004	
<i>Título da Tese</i> (data de defesa) Autor	Orientador(es)
<i>Theoretical and Numerical Analysis of Some Problems in Structural Mechanics</i> (21-05-2004) Lourenço Beirão de Veiga	Franco Brezzi Adélia Sequeira
<i>Numerical simulations of a non-newtonian fluid flow model using finite element models</i> (26-07-2004) Paulo Manuel de Barros Correia	Adélia Sequeira
<i>Singular values of the momentum map for cotangent lifted actions</i> (01-10-2004) Miguel Andrés Rodríguez Olmos	M. Esmeralda Dias
<i>Análise Bayesiana De Dados Deficientemente Categorizados</i> (22-11-2004) Paulo José de Jesus Soares	Carlos Daniel Paulino
<i>Reconhecimento de Padrões: Classificação Supervisionada com Rejeição de Observações</i> (03-12-2004) Carla Mónica Santos Dias Pereira	Ana Pires Parente
<i>Arithmetical Properties of the Rees Algebras of Modules</i> (13-12-2004) Ana Luísa Rodrigues Branco Correia	S. Zarzuela Armengou M. Vaz Pinto
<i>Iteradas de aplicações não polinomiais</i> (03-06-2004) Henrique Manuel Oliveira	José Sousa Ramos
<i>Invariantes Topológicos e Métricos de Sistemas Dinâmicos de Baixa Dimensão</i> (28-01-2004) José Leonel Linhares da Rocha	José Sousa Ramos
<i>Bootstrap Robusto com Base na Função de Influência</i> (12-02-2004) Maria da Conceição Esperança Amado	Ana Pires Parente

2003	
<i>Título da Tese / Autor</i>	Orientador(es)
<i>On the Geometry and Dynamics of Mechanical Systems</i> Marcelo H. Kobayashi	Waldyr Oliva
<i>Fibering Labelled First-Order Based Logics</i> João Filipe Quintas dos Santos Rasga	Cristina Sernadas
<i>Markov Modulated Chains</i> Cláudia Nunes Philippart	António Pacheco
<i>Classificação Topológica dos Automorfismos do Toro</i> Pedro Alves Martins Rodrigues	J. Sousa Ramos
<i>Métodos Robustos em Análise de Componentes Principais Comuns</i> Isabel Maria Alves Rodrigues	Ana Pires Parente
<i>Operadores de Tipo Convolução com Símbolos Matriciais Fracamente Oscilantes e Semi-Quase Periódicos</i> António José Vieira Bravo	M. Amélia Bastos
<i>Quandle Cohomology and Embedded Surfaces in Four Dimensions</i> Pedro Miguel Lopes	Roger Picken
<i>Homotopy Quantum Field Theories</i> Gonçalo Violante Rodrigues	Roger Picken

2002	
Título da Tese / Autor	Orientador(es)
<i>Mathematical Analysis of the Motion of a Rigid Body in a Viscous Liquid</i> Ana Leonor Silvestre	Adélia Sequeira
<i>Métodos Robustos em Análise de Correlações Canónicas</i> M. Rosário de Oliveira Silva	João Branco

2001	
Título da Tese / Autor	Orientador(es)
<i>Interpretação Combinatória da Monodromia de Tranças</i> José Luís Fachada	Raul Cordovil Vinagre
<i>Análise Bayesiana de Modelos de Sobrevivência com Fragilidade</i> Giovani Loiola da Silva	M. Antónia Turkman C. Daniel Paulino
<i>Modeling and Analysis of Wireless Networks</i> Nelson Gomes Rodrigues Antunes	A. Pacheco Pires
<i>Computational Complexity of Real Valued Recursive Functions and Analog Circuits</i> Manuel Lameiras de Figueiredo Campagnolo	José Félix Costa
<i>Stochastic Ordering in the Performance Analysis of Quality Control Schemes</i> Manuel João Cabral Moraes	A. Pacheco Pires
<i>Famílias de Aplicações Unidimensionais com Descontinuidades</i> Luís Manuel Ferreira da Silva	José Sousa Ramos
<i>Sistemas Dinâmicos de Dimensão e Fluxo Geodésico no Bitoro</i> Maria Clara Canotilho Grácio	José Sousa Ramos
<i>K-Teoria das Álgebras de Cuntz-Krieger associadas a Aplicações Iteradas no Intervalo</i> Nuno Miguel Matos Ramos Martins	José Sousa Ramos

2000	
Título da Tese / Autor	Orientador(es)
<i>Combining Logics</i> Carlos Manuel Costa Lourenço Caleiro	Amílcar Sernadas
<i>The Situation and State Calculus: Specification and Verification</i> Jaime Arsénio de Brito Ramos	Amílcar Sernadas
<i>Typing Non-Uniform Concurrent Objects</i> António Maria Alarcão Ravara	V. Vasconcelos Amílcar Sernadas
<i>Interconnection of Probabilistic Systems</i> Paulo Alexandre Carreira Mateus	Amílcar Sernadas
<i>Invariantes Topológicos e Algébricos em Sistemas Dinâmicos Discretos</i> Ricardo José Mendes Severino	J. Sousa Ramos
<i>An Invertibility Study of the Finite Interval Convolution Operator</i> Paulo Sérgio dos Anjos Lopes	A. Ferreira dos Santos

Anexo

(opções a considerar no Mestrado em Matemática e Aplicações)

Opções MMA				
-- área: Álgebra e Topologia				
Complementos de Álgebra	M	1S	6	Álgebra e Topologia
Teoria das Categorias	M	2S	6	Álgebra e Topologia
Topologia Algébrica	M	2S	6	Álgebra e Topologia
Álgebra Comutativa	M	2S	6	Álgebra e Topologia
-- área: An. Real e An. Funcional				
Complementos de Análise Real	M	2S	6	An. Real e An. Funcional
Álgebras de Operadores	M	2S	6	An. Real e An. Funcional
-- área: Eq. Difer. e Sist. Dinâmicos				
Mecânica Geométrica	M	1S	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Análise Harmónica	M	2S	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Teoria Ergódica e Dinâmica Hiperbólica	M	2S	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
-- área: Geometria				
Geometria Diferencial	M	1S	6	Geometria
-- área: Probabilidades e Estatística				
Teoria da Probabilidade	M	1S	6	Probabilidades e Estatística
Estatística Matemática	M	2S	6	Probabilidades e Estatística
Processos Estocásticos e Aplicações	M	2S	6	Probabilidades e Estatística
-- área: An. Numérica e An. Aplicada				
Análise Numérica Funcional e Optimização	M	1S	6	An. Numérica e An. Aplicada
Análise Numérica de Eq. Integrais	M	1S	6	An. Numérica e An. Aplicada
Elementos de Fronteira e Aplicações	M	1S	6	An. Numérica e An. Aplicada
Mét. Matemáticos em Hemodinâmica	M	2S	6	An. Numérica e An. Aplicada
-- área: Lógica e Computação				
Computabilidade e Complexidade	M	1S	6	Lógica e Computação
Criptografia e Protocolos de Segurança	M	2S	6	Lógica e Computação
Métodos Formais em Segurança	M	2S	6	Lógica e Computação
Concepção e Verif. de Sist. Concorrentes	M	2S	6	Lógica e Computação
Lógica Computacional	M	2S	6	Lógica e Computação
Lógica Funcional e Teoria da Demonstração	M	2S	6	Lógica e Computação
Fundamentos Algébricos da Computação	M	2S	6	Lógica e Computação
-- área: Física-Matemática				
Integração Funcional e Aplic. Mec. Quântica	M	1S	6	Física-Matemática