



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação

Adequação no quadro  
do Processo de Bolonha

Departamento de Matemática

22 de Março de 2006



A proposta de adequação da LMAC (Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação) e MMA (Mestrado em Matemática e Aplicações) apresentada baseia-se num estudo efectuado pela comissão de trabalho nomeada pela Comissão Coordenadora do Departamento de Matemática, integrando os Professores *Ana Leonor Silvestre, Carlos Caleiro, Cláudia Nunes Phillipart e Pedro Ferreira dos Santos*, pelos coordenadores de licenciatura e mestrado, Professores *José Sousa Ramos, Jaime Ramos, José Cidade Mourão e António Pacheco Pires*, com contribuições activas dos Professores *Rui Loja Fernandes, Diogo Gomes e Amílcar Sernadas*. A estrutura deste documento foi aprovada na generalidade pelo Conselho do Departamento de Matemática em 10 de Fevereiro de 2006. A presente versão tem já em atenção algumas observações efectuadas na reunião da CCCC de 1 de Março de 2006, e nas reuniões da Comissão Coordenadora do Departamento de Matemática de 3 e 14 de Março de 2006.

Lisboa, 22 de Março de 2006

Carlos J. S. Alves  
*Presidente do Departamento de Matemática*

# 1. *Introdução e Motivação*

As estruturas curriculares foram elaboradas no quadro do Processo de Bolonha e da proposta de Organização da Formação Superior no IST.

O presente documento, em conjunto com o documento de adequação do Mestrado em Matemática e Aplicações, apresenta a proposta de adequação da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação (LMAC) que funciona actualmente em 5 anos curriculares.

Os princípios orientadores para esta adequação foram os seguintes:

## **Manutenção dos aspectos positivos do modelo anterior da LMAC.**

A Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação tem aspectos singulares a nível nacional que têm permitido uma base de atracção razoavelmente estável e de elevada qualidade, que se tem evidenciado mesmo quando é reduzida a procura de licenciaturas em Matemática no panorama nacional. Alguns factores que contribuíram para o sucesso da LMAC:

- Inserção no Instituto Superior Técnico, que evidencia a componente de aplicações da Matemática à Engenharia, e posiciona o curso num mercado de trabalho ligado à ciência e tecnologia.
- Partilha de recursos do Departamento de Matemática para oferecer simultaneamente quatro tipos de formação afins:
  - Álgebra, Análise e Geometria;
  - Probabilidades e Estatística;
  - Análise Numérica;
  - Lógica e Computação;

actuais especializações da LMAC que são enquadradas nas diversas possibilidades de opção no 3º ano e posteriormente na escolha de perfil no MMA.

- Partilha de recursos do IST, o que permite uma formação diversificada com a inclusão de disciplinas de Física e de Engenharia.
- Flexibilidade na elaboração dos planos de curso, permitindo aos alunos adequá-los aos seus objectivos. Em particular, no 3º ano, a

escolha de 4 a 5 opções permite ao aluno definir um perfil de enquadramento num 2º ciclo de formação: MMA ou outro Mestrado, ou um perfil dirigido a uma saída para o mercado de trabalho.

### **Harmonização com as restantes licenciaturas do IST**

O facto de as disciplinas básicas de Matemática serem semelhantes às das restantes licenciaturas do IST tem permitido que sejam leccionadas em conjunto com outras licenciaturas. Esta partilha tem claras vantagens pedagógicas e de gestão de recursos, e também possibilita o recrutamento de novos alunos para a Matemática com pouco esforço na transferência de curso. Considera-se, por isso, que a estrutura da LMAC deve adaptar-se às alterações nas cadeiras básicas que ocorrem noutras licenciaturas do IST, e adopta-se um conjunto de disciplinas básicas de Física, já anteriormente existentes, bem como uma nova disciplina de Gestão, que se revela útil no contexto profissionalizante actual, tendo em vista uma inserção no mercado de trabalho.

## 2. Objectivos Visados pelos Ciclos de Estudo

A adequação da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação (LMAC) ao processo de Bolonha é integrada com a adequação do Mestrado em Matemática e Aplicações (MMA). Actualmente a LMAC funciona em 5 anos lectivos e o MMA em 2 anos lectivos, mas é já possível aos alunos da LMAC realizarem um Mestrado Integrado em 6 anos lectivos. Foi nessa perspectiva que foi efectuada a adequação, ou seja, no sentido de permitir uma formação semelhante ao fim de 5 anos lectivos na proposta de conjunto 3+2 da LMAC+MMA.

### **Objectivo da licenciatura (1º ciclo)**

O 1º ciclo de formação deve ser de espectro largo, entendido como um tronco comum para a formação básica de um matemático, nas suas diversas vertentes e no contexto de uma escola de engenharia como o IST. Assim, para além da formação básica contemplar disciplinas clássicas de Matemática, há uma formação significativa em Estatística, Análise Numérica e Ciência da Computação. Acresce a esta componente mais aplicada uma significativa preparação em Física, não comum numa licenciatura em Matemática clássica, e a possibilidade dos alunos frequentarem disciplinas noutras licenciaturas de engenharia.

Nesta adequação ao processo de Bolonha a formação no tronco comum foi aumentada, tendo sido mantida a possibilidade de alguma especialização num conjunto de 4 disciplinas opcionais no 3º ano, e correspondentes a um semestre lectivo.

Será objectivo do 1º ciclo que os licenciados possuam conhecimentos em Matemática suficientemente gerais, mas também aprofundados. Esses conhecimentos servem de base à inserção num mercado de trabalho onde se espera uma polivalência de conhecimentos em Matemática, não apenas nas suas componentes mais académicas, mas também mais aplicadas à tecnologia e à economia.

### **Objectivo do mestrado (2º ciclo)**

De acordo com o espírito da Declaração de Bolonha, o 2º ciclo de formação em Matemática deve dirigir-se simultaneamente a alunos que tenham completado o 1º ciclo em Matemática - no IST ou noutra escola - e a alunos provenientes de outras licenciaturas nacionais e estrangeiras. Assim o 2º ciclo prevê um programa de transição para alunos com

formações bastante diversificadas, que permitirá uma rápida inserção ao fim do primeiro ano lectivo.

O 2º ciclo deve ser capaz de garantir uma formação de especialização numa área da Matemática. No entanto, dado este ciclo não corresponder ainda à fase final da formação dos alunos, considera-se que deve ser dada ainda uma formação suficientemente diversificada, ficando a especialização mais avançada e próxima da investigação para o 3º ciclo.

Optou-se por uma divisão em dois perfis – *Matemática Aplicada e Computação* e *Matemática e Aplicações Fundamentais*. A formação em Matemática Aplicada e Computação engloba ainda três possíveis especializações, nas áreas científicas de Probabilidades e Estatística, Análise Numérica e Análise Aplicada, e Lógica e Computação. Estas três especializações são essencialmente dirigidas a alunos que pretendam prosseguir a sua formação académica, mas também contemplam a preparação de especialistas para sectores de actividade tecnológica e económica. É ponto comum de ambos os perfis a sequência dos estudos académicos com vista à formação de possíveis docentes do ensino politécnico e universitário.

### **Integração Licenciatura-Mestrado (1º e 2º ciclo)**

A actual proposta permite adequar a actual licenciatura em 5 anos lectivos no conjunto 3+2, através de disciplinas no 3º ano que são comuns à Licenciatura e ao Mestrado. Estas disciplinas são ainda utilizadas para formação de alunos externos à LMAC que ingressem no MMA. Esta dupla valência permite por um lado diversificar as opções dos alunos à saída da licenciatura e ao mesmo tempo realizar um programa de transição no mestrado. Ao mesmo tempo algumas destas disciplinas de opção são oferecidas noutros Mestrados (por exemplo, Mestrado em Estatística ou Mestrado em Engenharia Informática e de Computadores), o que representa um aproveitamento efectivo de valências utilizadas noutras formações do IST.

## 3. *Fundamentação do número de créditos*

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 primeira parte desta secção foi elaborada com base no disposto no artigo 19º do Decreto-Lei de Graus Académicos e Diplomas do Ensino Superior enquanto que a segunda parte introduz os parâmetros básicos que fundamentam o número de créditos ECTS que, com base no trabalho estimado, é atribuído a cada unidade curricular do plano de estudos.

A contabilização de créditos adoptada em Matemática é em parte semelhante à dos restantes cursos do Instituto Superior Técnico e é transcrita a seguir.

### **3.1. Número total de créditos e duração do ciclo de estudos**

O IST decidiu organizar a formação superior em Matemática num modelo de dois ciclos de estudo:

- Primeiro, o grau de Licenciado em Matemática Aplicada e Computação, com 180 créditos, que é obtido num conjunto de 6 semestres curriculares, em 3 anos lectivos.
- Segundo, o grau de Mestre em Matemática e Aplicações, com 120 créditos e uma duração total de 4 semestres curriculares, em 2 anos lectivos.

Esta formação é compatível com os Artigos 9º e 18º do Decreto Lei supramencionado, sendo motivado por uma prática estável e consolidada na própria organização anterior da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação, e também nas principais instituições de referência europeias, de forma a facilitar a mobilidade dos alunos no espaço Europeu de ensino superior. De facto, a Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação funciona já actualmente num esquema de várias opções de formação especializadas que são definidas ao fim dos 3 primeiros anos curriculares, sendo os dois anos seguintes já especializados e podendo conduzir ao título de mestre, através da figura de Mestrado Integrado, num último ano curricular, que engloba a execução da dissertação de mestrado.

### **3.2 Número de créditos de cada unidade curricular**



A legislação<sup>1,2</sup> que regula a organização dos currícula 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).

Assim, de acordo com o artigo 5º do DL 42/2005:

- O trabalho de um ano curricular, a tempo inteiro é fixado entre 1500 HT e 1680 HT e é cumprido num período de 36 a 40 semanas.
- O número de horas de trabalho do estudante (HT) a considerar inclui todas as formas de trabalho previstas, designadamente as horas de contacto e as horas dedicadas a estágios, projectos, estudo e avaliação; O número de créditos correspondente ao trabalho de um ano curricular realizado a tempo inteiro é de 60 ECTS.

Com base nestes parâmetros e adoptando para o curso de Matemática do IST um trabalho correspondente a 1680 horas por ano curricular, poder-se-á considerar que

1 ECTS = 28 HT

Para além da relação entre o número de horas e o número de créditos, foram igualmente estabelecidas opções em termos das cargas horárias. Assim, considerou-se como base de trabalho que as cargas horárias possam variar, ao longo dos anos curriculares, de forma a adaptar os modelos de ensino à maturidade dos alunos. Se nos primeiros anos se poderá justificar um maior número de horas de contacto em detrimento das horas destinadas ao trabalho autónomo, nos anos mais avançados justifica-se um menor número de horas de contacto e um maior espaço para o desenvolvimento autónomo. Assim, considerou-se uma distribuição do tipo:

LMAC – Número de horas de contacto inferior a 25 horas/semana

MMA – Número de horas inferior a 20 horas/semana

Uma terceira vertente que foi considerada na organização do plano curricular é a que diz respeito ao regime de funcionamento que se admitiu ser semestral, à semelhança da generalidade dos cursos europeus com os quais o IST promove intercâmbio de alunos.

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

<sup>2</sup> 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.

No regime semestral considera-se que cada semestre terá uma duração de 14 semanas lectivas e será seguido de um período de avaliação com uma duração de 5 semanas. Este regime corresponde ao que se encontra actualmente em vigor no IST, ao qual corresponde em termos gerais:

1º semestre – Período lectivo: 2ª quinzena de Setembro a terceira semana de Dezembro; avaliações: Janeiro e 1ª semana de Fevereiro.

2º semestre – Período lectivo: 2ª quinzena de Fevereiro a 1ª semana de Junho, com interrupção de uma semana na Páscoa; avaliações: entre a 2ª semana de Junho e a 3ª semana de Julho.

Neste regime cada semestre corresponderá a 30 ECTS. Analogamente ao que sucede actualmente no IST, prevê-se a possibilidade de existência de 4 a 5 unidades curriculares a funcionar simultaneamente em cada semestre.

Contudo, a organização adoptada contemplou soluções em que coexistam unidades curriculares com diferentes exigências em termos de volume de trabalho. Assim, como forma de facilitar a partilha de unidades curriculares por diferentes planos de estudo, e de acordo com as recomendações constantes do ECTS USERS' GUIDE<sup>3</sup>, considerou-se a hipótese de modelação das unidades curriculares nas seguintes tipologias:

UC5 – 7.5 ECTS – 210 HT

UC4 – 6.0 ECTS – 168 HT

UC3 – 4.5 ECTS – 126 HT

UC2 – 3.0 ECTS – 84 HT

UC1 – 1.5 ECTS – 42 HT

Paralelamente com a adopção de uma métrica ECTS para cada unidade curricular previu-se a forma como estas unidades curriculares se poderão associar para dar origem às organizações curriculares de cada semestre.

A organização do plano curricular dos ciclos de estudo em Matemática foi efectuada tendo como base duas métricas independentes: carga horária presencial e número de créditos ECTS. A distribuição de carga horária presencial e de créditos ECTS respeitou os limites adoptados para cada uma destas grandezas para cada semestre lectivo. Embora se devam evitar adoptar regras monolíticas de correspondência directa entre cargas horárias e créditos ECTS, na fase actual de preparação dos currículos, não existindo ainda valores medidos para o número de horas de trabalho dispendido pelos alunos, será aconselhável definir algumas

---

<sup>3</sup> ECTS USERS' GUIDE, Directorate-General for Education and Culture, EU, Brussels, 2005 [http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide_en.pdf).

correspondências entre créditos ECTS e número de horas presenciais em unidades curriculares da mesma natureza.

Nestas condições, procurou-se, para alguns tipos de aulas e de unidades curriculares, tipificar a seguinte relação possível entre carga horária e créditos<sup>4</sup>.

### ***Aula teórica (T)***

Neste tipo de aula considera-se que são abordados temas numa perspectiva eminentemente teórica e de natureza formativa. As matérias tratadas necessitam de aprofundamento, desenvolvimento e prática a ser realizado pelo aluno de forma autónoma. Para este tipo de aula poderá considerar-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula.

Horas de contacto semanais	Horas de contacto	Horas de trabalho extra aula	Horas de trabalho	ECTS
1	14	28	42	<b>1.5</b>

### ***Aula de problemas (P)***

Aula onde são apresentadas aplicações de conceitos já tratados de um ponto de vista teórico. Estas aulas consistem essencialmente na apresentação de técnicas ou algoritmos para resolução de problemas de natureza física, numérica, gráfica ou de programação. Neste caso considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir uma hora de trabalho extra aula.

Horas de contacto semanais	Horas de contacto	Horas de trabalho extra aula	Horas de trabalho	ECTS
1	14	14	28	<b>1.0</b>

### ***Aula de laboratório (L)***

Aulas onde através de experiência ou simulação se comprovam ou testam conceitos já desenvolvidos. Neste tipo de aulas é executada a componente de experimentação, em horas de trabalho extra o aluno deverá preparar os trabalhos a executar e eventualmente completar os relatórios, caso não o faça no decorrer das sessões presenciais. Para este tipo de aula estima-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir uma hora de trabalho extra aula.

<sup>4</sup> Esta tipificação encontra fundamento nos cursos que são actualmente leccionados no IST. (Caracterização dos Planos Curriculares 2004/2005, GEP-IST, Agosto 2005).

Horas de contacto semanais	de	Horas de contacto	de	Horas de trabalho extra aula	de	Horas de trabalho	ECTS
1		14		14		28	<b>1.0</b>

### ***Unidade curricular de seminário e relatório***

Componente de natureza teórica mas com carácter mais informativo. As matérias tratadas não necessitarão de aprofundamento por parte do aluno mas apenas de integração com outros conhecimentos já adquiridos. Para esta unidade curricular considera-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir duas horas de trabalho extra aula, em que a parte principal desse trabalho se destina a uma componente de relatório final a apresentar.

Horas de contacto semanais	de	Horas de contacto	de	Horas de trabalho extra aula	de	Horas de trabalho	ECTS
1		14		28		42	<b>1.5</b>

### ***Unidade curricular de projecto***

Esta componente pressupõe que os alunos possam desenvolver autonomamente soluções próprias no âmbito da concepção de um projecto proposto por um professor orientador. Para este tipo de unidade curricular estima-se que por cada hora de contacto será necessário o aluno investir cinco horas de trabalho autónomo.

Horas de contacto semanais	de	Horas de contacto	de	Horas de trabalho extra aula	de	Horas de trabalho	ECTS
0.5		7		35		42	<b>1.5</b>

Para implementar a harmonização com as restantes licenciaturas é necessário diminuir os créditos das disciplinas básicas da LMAC, de forma a que tenham os mesmos créditos ECTS que nas restantes licenciaturas do IST. Esta alteração implica o aumento do número de disciplinas por semestre para 5 nos dois primeiros anos. Procurou-se fazer estas alterações minimizando o incremento das cargas lectivas e de trabalho do curso. Assim, propõe-se a criação de algumas disciplinas ligeiras, de seminário, e de projecto.

Relativamente às disciplinas com 7.5 créditos ECTS, tal como determinado para as disciplinas horizontais (Cálculo Integral e

Diferencial II e Análise Complexa e Equações Diferenciais) cujas cargas são fixadas para todo o IST, optou-se por propor a carga lectiva semanal de 4 horas teóricas e 1.5 horas práticas para as disciplinas de Introdução à Geometria, Introdução à Álgebra, e Topologia, dos dois primeiros anos curriculares.

## 4. *Organização da Licenciatura*

De acordo com os princípios acima enunciados, segue-se o plano curricular para o 1º ciclo de formação em Matemática, com a duração de 3 anos, conducente ao futuro grau de licenciado.

A estrutura curricular tem como objectivo o reforço da formação de base nas diversas áreas da matemática. Assim, passam a existir mais 4 disciplinas obrigatórias. Há também duas novas disciplinas que preenchem lacunas existentes no actual tronco comum da LMAC: Elementos de Matemática Finita e Introdução à Optimização.

Mantém-se uma forte componente de formação em Física e a obrigatoriedade de frequentar uma cadeira de opção noutra licenciatura do IST. Além disso, permite-se alguma flexibilidade na elaboração dos planos de estudos através da oferta de cadeiras de opção, cuja escolha dependerá de critérios diferenciados, que se indicam mais à frente.

A Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação organiza-se nas seguintes áreas científicas:

- Matemáticas Gerais (Departamento de Matemática)
- Lógica e Computação (Departamento de Matemática)
- Álgebra e Topologia (Departamento de Matemática)
- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos (Departamento de Matemática)
- Análise Real e Análise Funcional (Departamento de Matemática)
- Geometria (Departamento de Matemática)
- Probabilidades e Estatística (Departamento de Matemática)
- Análise Numérica e Análise Aplicada (Departamento de Matemática)
- Física (Departamento de Física)
- Gestão (Departamento de Engenharia e Gestão)

Os alunos podem ainda frequentar disciplinas de opção de outras áreas científicas de outros Departamentos do Instituto Superior Técnico, no sentido de completar a sua formação em áreas mais aplicadas.

## Plano curricular

### *Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação (1º ciclo)*

#### 1º ANO

<b>1º Semestre</b>	ECTS	Área Científica
Álgebra Linear	6	Matemáticas Gerais
Cálculo Diferencial e Integral I	6	Matemáticas Gerais
Elementos de Programação	6	Lógica e Computação
Elementos de Matemática Finita	6	Álgebra e Topologia
Matemática Experimental	6	Análise Numérica e Análise Aplicada
Total	30	

<b>2º Semestre</b>	ECTS	Área Científica
Cálculo Diferencial e Integral II	7.5	Matemáticas Gerais
Mecânica e Ondas	6	Física
Introdução à Geometria	7.5	Geometria
Introdução à Optimização	4.5	Equações Diferenciais e Sist. Dinâmicos
Gestão	4.5	Economia e Gestão
Total	30	

#### 2º ANO

<b>3º Semestre</b>	ECTS	Área Científica
Análise Complexa e Equações Diferenciais	7.5	Matemáticas Gerais
Probabilidades e Estatística	6	Probabilidades e Estatística
Introdução à Álgebra	7.5	Álgebra e Topologia
Termodinâmica e Estrutura da Matéria	6	Física
Seminário (*)	3	--
Total	30	

<b>4º Semestre</b>	<b>ECTS</b>	<b>Área Científica</b>
Matemática Computacional	4.5	Análise Numérica e Análise Aplicada
Complementos de Probabilidades e Estatística	6	Probabilidades e Estatística
Topologia	7.5	Álgebra e Topologia
Electromagnetismo e Óptica	6	Física
Lógica Matemática	6	Lógica e Computação
Total	30	

### 3º ANO

5º Semestre	ECTS	Área Científica
Análise Numérica	7.5	Análise Numérica e Análise Aplicada
<i>Opção em Probabilidades e Estatística:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução aos Processos Estocásticos</li> <li>• Inferência Estatística</li> </ul>	6	Probabilidades e Estatística
Opção 1	6	(DM)
Opção 2	6	--
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opção A</li> <li>• Seminário e Monografia (*)</li> </ul>	( $\geq 4.5$ ) 4.5	-- (DM)
Total	30	

6º Semestre	ECTS	Área Científica
Análise Real	7.5	Análise Real e Análise Funcional
<i>Opção em Lógica e Computação:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução à Computabilidade e Complexidade</li> <li>• Algoritmos e Modelação Computacional</li> </ul>	6	Lógica e Computação
Opção 3	6	(DM)
Opção 4	6	--
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projecto em Matemática</li> </ul>	4.5	(DM)
Total	30	

#### Observações:

- *Pelo menos uma das disciplinas de opção deve ser externa ao DM.*
- (\*) *Há duas unidades curriculares de Seminário. É prevista a participação em seminários dirigidos por Professores do DM, sendo um temático em História da Matemática. A primeira unidade curricular designada Seminário prevê um trabalho sobre uma figura da História da Matemática. A segunda unidade curricular designada Seminário e Monografia prevê a elaboração de um relatório (pequena monografia) complementando um tema de seminário que frequentou.*



- *Sob parecer da coordenação de Licenciatura, o aluno pode escolher a disciplina de Opção A, sendo dispensado da unidade curricular Seminário e Monografia.*

## **Lista de disciplinas de opção do DM, por área científica:**

### **[Lógica e Computação]:**

- 1S – Introdução à Computabilidade e Complexidade (6 ECTS)
- 2S - Programação em Lógica e Funcional (6 ECTS)
- 2S - Algoritmos e Modelação Computacional (6 ECTS)

### **[Álgebra e Topologia]:**

- 1S- Fundamentos de Álgebra (7.5 ECTS)
- 1S- Programação Matemática (6 ECTS)
- 2S- Combinatória e Teoria de Códigos (6 ECTS)

### **[Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos]:**

- 1S- Equações Diferenciais Ordinárias (6 ECTS)
- 2S- Equações Diferenciais Parciais (6 ECTS)

### **[Análise Real e Análise Funcional]:**

- 1S- Complementos de Análise Complexa (6 ECTS)
- 2S- Análise Funcional (6 ECTS)

### **[Geometria]:**

- 1S- Geometria Riemanniana (6 ECTS)
- 2S- Superfícies de Riemann e Curvas Algébricas (6 ECTS)

### **[Probabilidades e Estatística] :**

- 1S- Inferência Estatística (6 ECTS)
- 2S- Introdução aos Processos Estocásticos (6 ECTS)
- 2S- Análise de Modelos Lineares (6 ECTS)

### **[Análise Numérica e Análise Aplicada] :**

- 1S- Métodos Numéricos para EDOs (6 ECTS)
- 2S- Análise Numérica de EDPs (6 ECTS)
- 2S- Análise Aplicada (6 ECTS)

**Observação:** Para além destas disciplinas de opção, os alunos podem optar por uma formação mais avançada, escolhendo disciplinas do Mestrado em Matemática e Aplicações, identificadas como

- Opção MMA 1 (1º semestre)
- Opção MMA 2 (2º semestre)

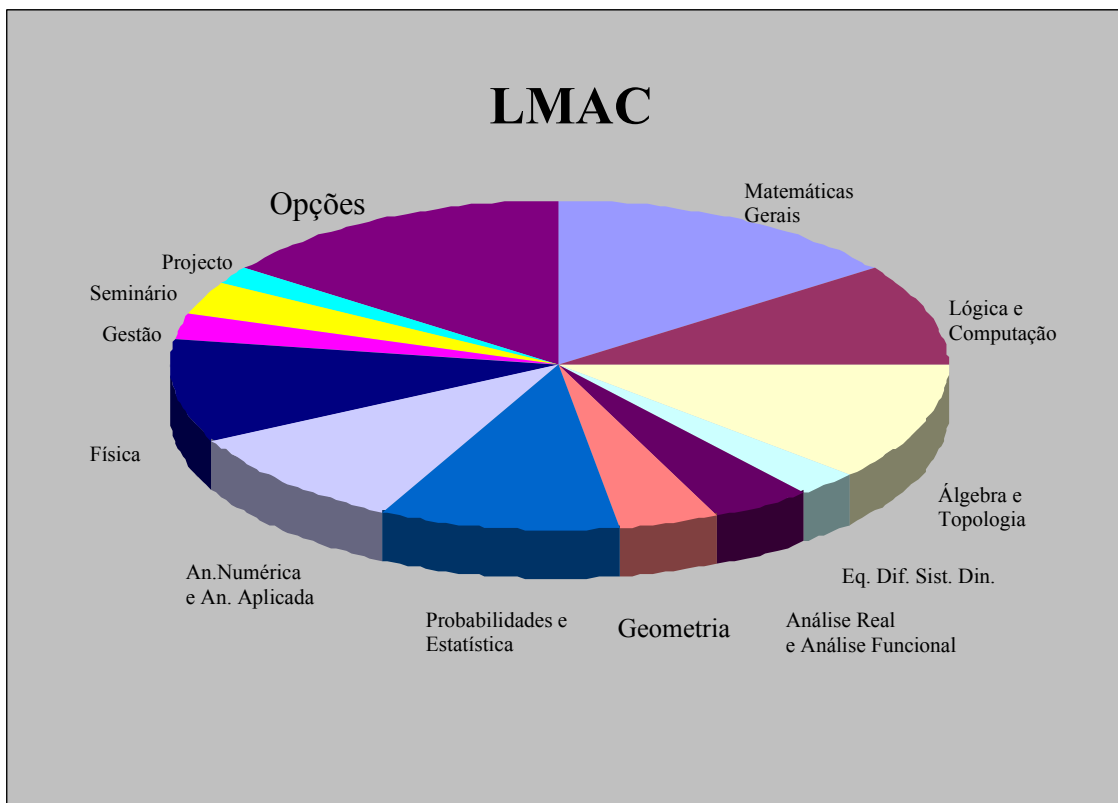
mediante parecer da coordenação da Licenciatura e precedências existentes.

## Áreas Científicas - Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação

De acordo com o plano curricular apresentado, a Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação tem a seguinte distribuição de créditos nas diversas áreas científicas:

- Matemáticas Gerais (27 ECTS obrigatórios)
- Lógica e Computação (18 ECTS obrigatórios)
- Álgebra e Topologia (21 ECTS obrigatórios)
- Equações Diferenciais e Sistemas Dinâmicos (4.5 ECTS obrigatórios)
- Análise Real e Análise Funcional (7.5 ECTS obrigatórios)
- Geometria (7.5 ECTS obrigatórios)
- Probabilidades e Estatística (18 ECTS obrigatórios)
- Análise Numérica e Análise Aplicada (18 ECTS obrigatórios)
- Física (18 ECTS obrigatórios)
- Gestão (4.5 ECTS obrigatórios)

### Distribuição por áreas científicas na Licenciatura (1º ciclo)



## 5. *Organização e Metodologias de Ensino*

A estrutura curricular reflecte uma mudança de atitude perante os alunos e a sociedade que decorre das mudanças culturais que se foram verificando ao longo dos últimos anos e da necessidade de antecipar algumas das tendências que se avizinham:

- A passagem de um ensino baseado na transmissão de conhecimentos para um ensino baseado no desenvolvimento de competências em que os alunos devem ser encorajados a desenvolver uma atitude mais activa e com uma componente de auto-estudo mais acentuada. Esta mudança requer alterações profundas na forma de ensinar e organizar as unidades curriculares e de as alicerçar em meios de estudo adequados.
- Embora assegurando uma forte componente científica, será necessário incrementar a comunicação, o trabalho em equipa, a criatividade e a experiência prática dos alunos.
- Os alunos devem ter mais flexibilidade e mobilidade para ajustar a sua formação, antecipando as necessidades do mercado onde pretendem integrar-se.
- Numa sociedade em constante mudança, onde os conhecimentos adquiridos hoje poderão ser obsoletos amanhã os alunos devem ser estimulados a desenvolver competências que lhes permitam efectuar uma aprendizagem ao longo da vida, de um modo fundamentalmente auto-orientado ou autónomo com o objectivo de manterem-se actualizados e de possuírem uma visão alargada sobre os diferentes domínios da Matemática e das suas aplicações.

Estes aspectos podem nem sempre ser directamente mensuráveis nos conteúdos das unidades curriculares na medida em que em muitos casos reflectem apenas diferentes maneiras de pensar, ensinar e aprender que devem ser incorporadas pelos alunos e, principalmente, pelos docentes e dirigentes académicos e científicos. A interdisciplinaridade da Matemática, reflecte-se no espectro largo de formação no tronco comum, e na necessidade de subdividir em 2 perfis de especialização no mestrado.

- A licenciatura tem um regime semestral com um número máximo de 5 unidades curriculares por semestre.
- O modelo de organização pedagógica é baseado num máximo de 25 horas de contacto.

- A redução de horas de contacto semanais é acompanhada por uma maior exigência de dedicação individual do aluno ao estudo e uma verdadeira avaliação contínua, exigindo mais trabalho fora das aulas por parte de alunos e docentes.

### **Metodologias de ensino. Aulas, horários e sistemas de avaliação.**

A organização das aulas deverá fomentar a participação dos alunos, reduzir a sua passividade e encorajar o estudo independente, tornado possível pela redução da carga horária. A realização de relatórios, exposições e exames orais é igualmente estimulada como forma de promover a capacidade de comunicação.

O sistema de avaliação do curso é coordenado vertical e horizontalmente:

- Com componentes expressivas de avaliação contínua nos 2 primeiros anos.
- Com a elaboração de trabalhos práticos, muitos de índole computacional, em várias disciplinas da licenciatura e mestrado.
- Com a elaboração de um projecto no final da Licenciatura.
- Com a elaboração de uma dissertação de mestrado já numa área de especialização científica.

### **Formação por objectivos**

A organização temporal do ciclo de estudos espera do aluno um conjunto bem definido de competências, conhecimentos e qualificações.

- Formalizar problemas e demonstrar resultados em que se exige a aplicação directa de conhecimentos em Matemática e/ou Computação.
- Compreender a literatura e estar a par do estado de desenvolvimento da Matemática.
- Adquirir formação básica em física onde são abordados os princípios e leis das interacções fundamentais da natureza, em particular, sobre partículas e campos, mecânica, óptica e electromagnetismo.
- Adquirir formação básica sobre programação e outros aspectos computacionais de índole teórica.

- Adquirir formação na área da matemática que permitam receber formação da especialidade e das diferentes áreas de especialização no IST ou noutra qualquer instituição de ensino universitário do espaço europeu.
- Elaborar um Projecto Final elaborado sobre conhecimentos adquiridos.

## **Métodos pedagógicos e aquisição de competências na Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação**

### **(Artigo 5º, alínea a)**

#### **Conhecer e compreender:**

1. O papel da Matemática na sociedade;
2. O enquadramento e evolução histórica da Matemática.
3. Os princípios básicos de aplicações da Matemática e a sua relevância para o progresso científico e tecnológico.
4. As questões actuais da Matemática.

#### **Métodos de ensino/aprendizagem:**

Ref. 1. e 2. – aulas teóricas, seminários (por docentes e/ou especialistas externos), complementados por estudo, trabalhos e pesquisa documental.

Ref. 3. – aulas teóricas e de problemas e seminários, complementados por estudo.

Ref. 4 – aulas teóricas, seminários (por docentes e/ou especialistas externos), orientação de trabalhos, tutoriais, complementados por estudo, trabalhos e pesquisa documental.

#### **Métodos de avaliação:**

Ref. 1. e 2. – relatórios e apresentação de trabalhos.

Ref. 3. – exame e/ou testes.

Ref. 4. – relatórios.





**(Artigo 5º, alínea b):****Aplicar o conhecimento e compreensão:**

1. A situações reais simuladas em computador;
2. A situações em contexto profissional simulado, envolvendo conhecimento objecto de várias unidades curriculares e/ou resultado de pesquisa;
3. À pesquisa e estudo de problemas em aberto.

**Métodos de ensino /aprendizagem:**

Ref. 1. – Em computadores, complementados por estudo, preparação de relatório.

Ref. 2 e 3. – orientação de trabalhos, complementada por trabalhos, pesquisa documental e e - aprendizagem.

**Métodos de avaliação:**

Ref. 1. – relatórios e desempenho em laboratório e discussão.

Ref. 2. – relatórios e apresentação de trabalhos.

Ref. 3. – relatórios e discussão.

**(Artigo 5º, alínea c):****Aplicar o conhecimento e compreensão:**

1. À resolução de problemas, baseando as soluções no conhecimento adquirido e na pesquisa de fontes de informação;
2. A projectos de aplicação ou de desenvolvimento de soluções técnicas, fundamentando as escolhas feitas e referenciando as fontes utilizadas;

**Métodos de ensino/aprendizagem:**

Ref. 1. – aulas de problemas, tutoriais e orientação de trabalhos, complementados por estudo, pesquisa documental, trabalhos e e - aprendizagem.

Ref. 2. – aulas teóricas e orientação de projectos, complementadas por trabalhos e pesquisa documental.

**Métodos de avaliação:**

Ref. 1. – exames e/ou testes, séries de problemas, relatórios de trabalhos e e-avaliação.

Ref. 2. – relatórios e discussões de projectos.

**(Artigo 5º, alínea d):****Formular juízos:**

1. A partir de hipóteses e do seu teste em situações de prática simulada;
2. Sobre a relevância de contribuições teóricas e computacionais na Matemática e as suas aplicações na Ciência e Tecnologia.

**Métodos de ensino/aprendizagem:**

Ref. 1 e 2. – laboratórios ou trabalhos, complementados por estudo, pesquisa documental e trabalhos.

**Métodos de avaliação:**

Ref. 1. e 2. – relatórios e discussões.

**(Artigo 5º, alínea e):****Capacidade de comunicar:**

1. Oralmente, de forma sucinta, com tempo limitado, os resultados de trabalhos ou pesquisas realizados;
2. Através de relatório conciso e coerente os resultados de trabalhos ou pesquisa realizados;
3. Em grupo, argumentando e defendendo ideias e propostas;
4. Numa língua estrangeira (inglês);

**Métodos de ensino/aprendizagem:**

- Ref. 1. e 2. – módulos auxiliares de comunicação, complementados por preparação de relatórios e apresentações.
- Ref. 3. – orientação de trabalhos, tutoriais e módulos auxiliares de comunicação, complementados por trabalhos em grupo.
- Ref. 4. – Módulos auxiliares de língua estrangeira, complementados pela preparação de relatórios e apresentações em língua estrangeira (inglês).

**Métodos de avaliação:**

- Ref. 1. e 2. – relatórios e apresentações orais.
- Ref. 3. – desempenho em sessões de orientação de trabalhos e tutoriais.
- Ref. 4. – relatórios e apresentações em língua estrangeira (inglês).

**(Artigo 5º, alínea f):****Capacidade de aprender:**

1. Teorias ou métodos que correspondem a um aprofundamento de, ou relacionados com, o conhecimento adquirido;
2. Temas actuais da matemática e suas aplicações, relacionando-os com o conhecimento adquirido;

**Métodos de ensino/aprendizagem:**

Ref. 1. e 2. – módulos auxiliares sobre métodos de estudo, tutoriais e orientação de trabalhos, complementados por estudo, pesquisa documental e trabalhos.

**Métodos de avaliação:**

Ref. 1. e 2. – relatórios de trabalhos e desempenho em sessões de orientação de trabalhos e tutoriais.

## *6. Organização dos Ciclos face à Avaliação Externa.*

A actual Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação do IST encontra-se acreditada pela Fundação das Universidades Portuguesas. O curso foi igualmente objecto de uma avaliação externa no ano de 2001 pela Comissão de Avaliação Externa (CAE): Coordenador Prof. Fernando Dias Agudo, vogais: Prof. Gehard Jank, Prof. Dinis Pestana, Prof. Esgalhado Valença.

As avaliações externas também têm referido a necessidade de aumentar as competências transversais dos alunos tendo este assunto sido objecto de uma particular atenção na organização dos ciclos de estudo.

As metodologias de ensino subjacentes ao ciclo de estudos pressupõem ainda o reforço da avaliação contínua em detrimento da avaliação final típica do ensino baseado na transmissão de conhecimentos e a elaboração de projectos e trabalhos de carácter interdisciplinar, que promovam a transferência de conceitos e metodologias não apenas entre unidades curriculares mas, se possível, entre as diferentes áreas do saber.

A organização do ciclo de estudos vai ainda ao encontro dos comentários das comissões de avaliação ao estimular a realização de actividades extra curriculares que complementem a formação dos alunos através, por exemplo, da realização de estágios em empresas e assim se aproximem de um dos objectivos do curso “preparar especialistas para a indústria, serviços, ensino politécnico e universitário e fornecer uma base sólida para estudos de pós-graduação”.

O programa de “Melhoria da Qualidade do Ensino” que tem vindo a ser implementado no IST e na LMAC em particular, já foi responsável por investimentos em equipamento computacional de características didácticas para a generalidade das áreas científicas que são responsáveis por unidades curriculares em que o computador é indispensável.

Finalmente, interessa salientar que os assuntos referidos anteriormente foram incorporados no plano de estudos do curso de matemática sem prejuízo das componentes formativas que devem caracterizar a

formação de matemáticos das diferentes especialidades. De facto, o actual momento de mudança no ensino superior foi aproveitado para reorganizar e otimizar os objectivos e os programas das unidades curriculares das diferentes áreas do saber de modo a reforçar a aquisição de competências noutros assuntos que, embora fossem reconhecidos como importantes, ainda não eram devidamente considerados.

## 7. Comparação dos Ciclos face à União Europeia.

Relativamente a outros cursos, licenciaturas em Matemática, existentes na União Europeia, nota-se uma grande diversidade de oferta, podendo ser distinguida nas vertentes:

- *Licenciaturas em Matemática ou Matemática Aplicada com vertente clássica ou mais aplicada*
- *Licenciaturas em Matemática com vertente de Estatística e Investigação Operacional*
- *Licenciaturas em Matemática com vertente de Ciência da Computação*

Um caso típico desta diversidade pode ser encontrada no *Imperial College*, uma Escola do CLUSTER, onde existem as seguintes ofertas para licenciaturas de 3 anos:

- Mathematics (BSc)
- Mathematics, Optimisation and Statistics (BSc)
- Mathematics (Pure Mathematics) (BSc)
- Mathematics with Applied Mathematics/Mathematical Physics (BSc)
- Mathematics with Management (BSc)
- Mathematics with Mathematical Computation (BSc)
- Mathematics with Statistics (BSc)
- Mathematics with Statistics for Finance
- Mathematics and Computer Science (BSc)

Nesta proposta de reorganização da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação mantém-se a diversidade de formação inicial, que pode ser adequada aos diversos perfis, mais ligados à componente pura ou aplicada, nomeadamente através de uma significativa componente de Física, Análise Numérica, Estatística e Ciência da Computação, bem como pela introdução de uma disciplina estruturante de Gestão.

Num outro exemplo, na *Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)*, o 1º ciclo está organizado em 3 anos, com especialização no último ano:

- Matemática Fundamental (perfil de Álgebra ou Análise),
- Matemática Aplicada (perfil de Análise Numérica ou Probabilidades e Estatística),

e ainda uma especialização mista com vista a uma inserção na vida activa. As opções consideradas no 1º ciclo da LMAC permitem também



esta diversidade, acrescentando a vertente em Ciência da Computação. No 2º ciclo (Master) há uma divisão mais significativa com a separação das especializações:

- Matemática Fundamental (perfil de Álgebra e Geometria ou Análise e Geometria);
- Estatística;
- Probabilidades e Aplicações (perfil de Processos Estocásticos, Probabilidades Aplicadas, Estatística Matemática ou Probabilidades e Finanças),
- Modelação Matemática (perfil de Análise Numérica, Optimização e Jogos, Matemática e Informática, Matemática e Biologia),
- Matemática Industrial (perfil de Matemática para as empresas, Ferramentas Matemáticas e Programas).

Apesar desta maior diversidade na identificação dos perfis, há bastantes pontos comuns na lista de disciplinas, que podem ser oferecidas no MMA, e que permitem perfis semelhantes, enquadrados não apenas na lista de disciplinas do DM, mas também na lista de disciplinas de opção externa que os alunos podem frequentar no IST.

Um outro exemplo, na *Universidade de Göttingen*, há também uma divisão em dois ciclos de estudos. Um primeiro ciclo (BA) de três anos correspondentes a 180 ECTS, com diversos módulos de funcionamento, com um tronco comum obrigatório largamente superior a pequenos módulos opcionais. Encontra-se no 2º ciclo (MSc) uma divisão em diversos perfis

- Matemática Pura
- Matemática Aplicada e Numérica
- Matemática Estocástica e Financeira
- Informática

que têm correspondente na divisão proposta no MMA pela divisão do perfil em Matemática Aplicada nas três áreas científicas.

Estes são apenas alguns exemplos da oferta de formação em Matemática que se encontra na União Europeia, e que são significativos de alguma diversidade nas opções. É nossa opinião que esta adequação da LMAC e MMA ao processo de Bolonha permitirá uma formação suficientemente sólida no 1º ciclo que permitirá a um aluno ingressar em diversos 2º ciclos oferecidos no espaço europeu, sem necessidade de significativo esforço adicional em programas de transição.

Por outro lado, a elaboração desta adequação ao processo de Bolonha, permite uma maior facilidade de integração de alunos do espaço da União Europeia no 2º ciclo, tendo em conta que foi previsto um

programa de transição que prevê formações em Matemática bastante diversificadas.

## Anexo – Disciplinas<sup>5</sup>

Disciplina	Tip o	An o	Se m	ECT S	T	P	L	E	Área Científica
<b>Licenciatura LMAC</b>									
Álgebra Linear	L	1	1S	6	3	1.5	0	6	Matemáticas Gerais
Cálculo Diferencial e Integral I	L	1	1S	6	3	1.5	0	6	Matemáticas Gerais
Elementos de Programação	L	1	1S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Elementos de Matemática Finita	L	1	1S	6	2	3	0	6	Álgebra e Topologia
Matemática Experimental	L	1	1S	6	2	0	3	6	An. Numérica e An. Aplicada
Cálculo Diferencial e Integral II	L	1	2S	7.5	4	1.5	0	7.5	Matemáticas Gerais
Mecânica e Ondas	L	1	2S	6	3	1	5	6	Física (DF)
Introdução à Geometria	L	1	2S	7.5	4	1.5	0	7.5	Geometria
Introdução à Optimização	L	1	2S	4.5	2	1.5	0	4.5	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Gestão	L	1	2S	4.5	2	1.5	0	4.5	Economia e Gestão (DEG)
Análise Complexa e Equações Diferenciais	L	2	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	Matemáticas Gerais
Probabilidades e Estatística	L	2	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Introdução à Álgebra	L	2	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	Álgebra e Topologia
Termodinâmica e Estrutura da Matéria	L	2	1S	6	3	1	5	6	Física (DF)
Seminário	L	2	1S	3	2	0	0	3	**
Matemática Computacional	L	2	1S	4.5	3	0	0	4.5	An. Numérica e An. Aplicada
Complementos de Probab. e Estatística	L	2	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Topologia	L	2	2S	7.5	4	1.5	0	7.5	Álgebra e Topologia
Lógica Matemática	L	2	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Electromagnetismo e Óptica	L	2	2S	6	3	1.5	0	6	Física (DF)
Análise Numérica	LM	3	1S	7.5	4	1.5	0	7.5	An. Numérica e An. Aplicada
Introdução aos Processos Estocásticos	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Inferência Estatística	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Seminário e Monografia	L	3	1S	3	2	0	0	3	**
Análise Real	L	3	2S	7.5	4	1.5	0	7.5	An. Real e An. Funcional
Introd. à Computabilidade e Complexidade	L	3	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Algoritmos e Modelação Computacional	L	3	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Projecto em Matemática	L	3	2S	3	0	0.5	0	5.5	**
<b>Opções LMAC</b>									
Álgebra Geral	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Equações Diferenciais Ordinárias	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Complementos de Análise Complexa	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional
Análise Funcional	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	An. Real e An. Funcional

<sup>5</sup> Legenda: L/M=Licenciatura/Mestrado; T/P/L/E = (Aula Teórica/Prática/Laboratório, E: Estudo individual)

Geometria Riemanniana	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Programação Matemática	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Métodos Numéricos para EDOs	LM	3	1S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Programação em Lógica e Funcional	L	3	2S	6	3	1.5	0	6	Lógica e Computação
Combinatória e Teoria dos Códigos	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	Álgebra e Topologia
Equações Diferenciais Parciais	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	Eq. Diferenciais e Sist. Din.
Superfícies de Riemann e Curvas Algébricas	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	Geometria
Análise de Modelos Lineares	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	Probabilidades e Estatística
Análise Numérica de EDPs	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada
Análise Aplicada	LM	3	2S	6	3	1.5	0	6	An. Numérica e An. Aplicada