

# PERA/1617/1001456 — Apresentação do pedido

---

## Caracterização do pedido

### 0. Âmbito do guião e síntese das principais alterações/melhorias introduzidas no ciclo de estudos desde o processo de acreditação prévia.

---

#### 0.1. Síntese das alterações introduzidas nos itens pré-preenchidos e indicação das razões que as motivaram.

*Em 2015/16 a FCUL, após autorização da A3ES, alterou o número de semanas de lecionação de 15 para 14, a designação das áreas científicas das unidades curriculares e eliminou dos planos de estudos as horas de Orientação Tutorial, quando estas não correspondiam a horas de contacto com os alunos.*

*Os Ciclos de Estudos estão agora a ser registados e republicados, gradualmente.*

#### 0.1. Summary of changes submitted to the pre-filled items, and its main reasons.

*In 2015/16, after authorization of the A3ES, FCUL changed the number of weeks of teaching from 15 to 14, the name of the scientific areas of the curricular units and eliminated the OT hours, when they did not correspond to contact hours with students.*

*The study cycles are now being gradually registered and republished.*

#### 0.2. Outras observações relevantes sobre a evolução da implementação do ciclo de estudos (facultativo).

*<sem resposta>*

#### 0.2. Other relevant observations on the implementation progress of the study programme (optional).

*<no answer>*

## Perguntas A1 a A4

---

### A1. Instituição de ensino superior / Entidade instituidora:

*Universidade De Lisboa*

### A1.a. Outras Instituições de ensino superior / Entidades instituidoras:

### A2. Unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.):

*Faculdade De Ciências (UL)*

### A3. Designação do ciclo de estudos:

*Estatística e Investigação Operacional*

### A3. Study programme name:

*MSc in Statistics and Operational Research*

### A4. Grau:

*Mestre*

## Perguntas A5 a A10

---

### A5. Área científica predominante do ciclo de estudos:

*Ciências Matemáticas*

### A5. Main scientific area of the study programme:

*Mathematical Sciences*

### A6.1. Classificação da área principal do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF):

462

**A6.2. Classificação da área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**

460

**A6.3. Classificação de outra área secundária do ciclo de estudos (3 dígitos), de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF), se aplicável:**

&lt;sem resposta&gt;

**A7. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau:**

120

**A8. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL-74/2006, de 26 de Março):**

2 anos - 4 semestres

**A8. Duration of the study programme (art.º 3 DL-74/2006, March 26th):**

2 years - 4 semesters

**A9. Número máximo de admissões:**

30

**A10. Condições específicas de ingresso:**

*Licenciatura (1º ciclo) em Matemática Aplicada, em Matemática ou em áreas afins, com boa base matemática, incluindo as possibilidades previstas na alínea a) do n.º 1 do Regulamento do ciclo de estudos, publicado pelo Despacho n.º 8539/2012, e nas alíneas b), c) e d) do artigo 17.º do Decreto-Lei n.º 63/2016, de 13 de setembro.*

**A10. Specific entry requirements:**

*Graduation (1st cycle) in Applied Mathematics, in Mathematics or similar with a good background in mathematics, including the possibilities mentioned in n.º 1 (a) of the study cycle regulation, published by Decree-Law no. 8539/2012 and in points b), c) and d) of article 17, of Decree-Law no. 63/2016, of 13th September.*

## Pergunta A11

---

### Pergunta A11

**A11. Percursos alternativos como ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável):**

*Sim (por favor preencha a tabela A 11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização de mestrado ou especialidades de doutoramento)*

**A11.1. Ramos, variantes, áreas de especialização do mestrado ou especialidades do doutoramento (se aplicável)**

**A12.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização de percursos alternativos em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor, or other forms of organisation of alternative paths compatible with the structure of the study programme (if applicable)**

**Opções/Ramos/... (se aplicável):**

Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional

Área de especialização em Estatística

Área de especialização em Investigação Operacional

**Options/Branches/... (if applicable):**

Statistics and Operational Research specialization area

Statistics specialization area

Operational Research specialization area

## A12. Estrutura curricular

---

**Mapa I - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional**

**A12.1. Ciclo de Estudos:**

*Estatística e Investigação Operacional*

**A12.1. Study Programme:**

*MSc in Statistics and Operational Research*

**A12.2. Grau:***Mestre***A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional***A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics and Operational Research specialization area***A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*
Ciências Matemáticas / Mathematical Sciences	CMAT (ECTS Optativos: 6-36)	84	6
Ciência e Engenharia Informática/ Science and Computer Engineering	CEI (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização / Business Administration, Management and Organization Sciences	CEGO (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Engenharias e Tecnologias da Geoinformação/ Geoinformation Engineering and Technology	ETG (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Opção Livre / Free Option	OL (ECTS Optativos: 0-12)	0	0
<b>(5 Items)</b>		<b>84</b>	<b>6</b>

**Mapa I - Área de especialização em Estatística****A12.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***A12.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***A12.2. Grau:***Mestre***A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística***A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*
Ciências Matemáticas / Mathematical Sciences	CMAT (ECTS Optativos: 18-36)	84	18
Ciência e Engenharia Informática/ Science and Computer Engineering	CEI (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização / Business Administration, Management and Organization Sciences	CEGO (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Engenharias e Tecnologias da Geoinformação/ Geoinformation Engineering and Technology	ETG (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Opção Livre / Free Option	OL (ECTS Optativos: 0-12)	0	0
<b>(5 Items)</b>		<b>84</b>	<b>18</b>

**Mapa I - Área de especialização em Investigação Operacional****A12.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***A12.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***A12.2. Grau:***Mestre***A12.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***A12.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***A12.4. Áreas científicas e créditos que devem ser reunidos para a obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*
Ciências Matemáticas / Mathematical Sciences	CMAT (ECTS Optativos: 18-36)	84	18
Ciência e Engenharia Informática/ Science and Computer Engineering	CEI (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Ciências Empresariais, da Gestão e da Organização / Business Administration, Management and Organization Sciences	CEGO (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Engenharias e Tecnologias da Geoinformação/ Geoinformation Engineering and Technology	ETG (ECTS Optativos: 0-6)	0	0
Opção Livre / Free Option	OL (ECTS Optativos: 0-12)	0	0
<b>(5 Items)</b>		<b>84</b>	<b>18</b>

**Perguntas A13 e A16****A13. Regime de funcionamento:***Outros***A13.1. Se outro, especifique:***Preferencialmente diurno, mas adequado às necessidades dos alunos (maioria das aulas após as 17h).***A13.1. If other, specify:***Daytime is intended, but adapted to students constraints (majority of classes after 17h).***A14. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:***Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa***A14. Premises where the study programme will be lectured:***Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa***A15. Regulamento de creditação de formação e experiência profissional (PDF, máx. 500kB):**[A15\\_Despacho-n.º-15577\\_2014-de-24-12.pdf](#)**A16. Publicação do plano de estudos em Diário da República (nº e data):***Desp. 8539/2012, DR, 2.ª s, nº 122, 26 jun; Declaração Retif. 1178/2012, DR, 2.ª s, nº 180, 17 set.***A17. Observações:**

*No 1º ano o aluno deverá fazer, no 1º S, duas UC's obrigatórias da subárea da Estatística (E) e duas disciplinas obrigatórias da subárea de Investigação Operacional (IO). Tem ainda que fazer uma u.c. opcional, escolhida pelo coordenador do mestrado de acordo com os conhecimentos que o aluno traz do 1º ciclo, que pode ser escolhida entre a uc de "Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional" e algumas UC's da área de CEI. No 2º S do 1º ano o aluno deverá fazer 3 UC's obrigatórias e duas UC's opcionais. Uma das UC's obrigatórias é da subárea de E, outra é de IO, e a terceira u.c. combina as duas subáreas sendo de EIO.*

*No 2º ano o aluno deverá fazer 3 UC's opcionais (no 1º S), e completar os requisitos exigidos para este ciclo com a dissertação, projeto ou estágio realizado numa das subáreas científicas de E, IO ou EIO.*

*- Para os alunos que optem por completar os requisitos exigidos para este ciclo com um estágio, serão estabelecidos protocolos com Instituições e/ou Empresas onde os referidos estágios terão lugar. Serão orientados por um dos docentes da Faculdade e terão também um responsável dentro do local de estágio.*

*- Na Área de especialização em EIO, as 5 UC's opcionais do 2º S do 1º ano e do 1º S do 2º ano, num total de 30 ECTS, podem ser escolhidas livremente na lista de disciplinas proposta. A u.c. DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO/PROJETO terá que envolver as duas subáreas (E e IO).*

*- Na Área de especialização em E, das 5 UC's opcionais do 2º S do 1º ano e do 1º S do 2º ano (num total de 30 ECTS), pelo menos 3 (18 ECTS) têm que ser da subárea científica de E. Também a u.c. DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO/PROJETO será realizada nesta subárea.*

*- Na Área de especialização em IO, das 5 UC's opcionais do 2º S do 1º ano e do 1º S do 2º ano (num total de 30 ECTS), pelo menos 3 (18 ECTS) têm que ser da subárea científica de IO. Também a u.c. DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO/PROJETO será realizada nesta subárea.*

*- O Grupo Opcional do 2º S do 1º ano e do 1º S do 2º ano poderá incluir ainda UC's de outros mestrados da FCUL, no máximo de 12 ECTS.*

*- Todos os Grupos Opcionais poderão incluir ainda outras UC's, a fixar anualmente pela FCUL, sob proposta do Departamento responsável.*

*Nas fichas de docentes, o campo referente ao "Número total de horas de contacto" foi preenchido com o número de horas semanais. Para se obter efectivamente o número total de horas de contacto basta multiplicar por 14 o conteúdo do campo referido. Não estão contabilizadas horas de orientação de dissertação/estágio/projeto para nenhum docente da FCUL.*

*No plano de estudos, na coluna das observações, estão identificadas as UC's que sofreram alterações em relação do DR: N (nova u.c.) e HC (alteração de horas de contacto).*

#### **A17. Observations:**

*In the 1st year - 1st S each student should complete, two mandatory units in the subarea of Statistics (S) and two mandatory units in the subarea of Operational Research (OR), and one optional unit, chosen by the coordinator of the Master degree accordingly with the student curriculum from the 1st cycle, among "Computational Methods for Statistics and Operational Research" and some units in the area of Computer Science and Engineering.*

*In the 1st year - 2nd S students should complete 3 mandatory units and two optional units. One of the mandatory units is in the subarea of S, another is in the subarea of OR, and the third unit combines both subareas (SOR).*

*In the 2nd year the student should complete 3 optional units on the 1st S. The requirements for this cycle will be completed with the thesis, project or practical work, to be held in the scientific subareas of S, of OR, or of SOR. For students who choose to complete the requirements for this cycle with a practical or training work, protocols will be established with institutions and / or companies where these practical or training works will take place. Each practical or training work will be supervised by a teacher of the course and will also have a responsible person within the institution and / or company.*

*In the SOR specialization area, the 5 optional units in the 2nd S of the 1st year and the 1st S of the 2nd year (total of 30 ECTS) may be freely chosen from the list of proposed units. And the unit THESIS / PRACTICAL WORK / PROJECT will have to involve both scientific subareas (S and OR).*

*In the S specialization area, from the 5 optional units in the 2nd S of the 1st year and the 1st S of the 2nd year (total of 30 ECTS), at least 3 (18 ECTS) must belong to the scientific subarea of S. Also the unit THESIS / PRACTICAL WORK / PROJECT will be completed in the scientific subarea of S.*

*In the OR specialization area, from the 5 optional units in the 2nd S of the 1st year and the 1st S of the 2nd year (a total of 30 ECTS), at least 3 (18 ECTS) must belong to the scientific subarea of OR. Also the unit THESIS / PRACTICAL WORK / PROJECT will be completed in the scientific subarea of OR.*

*The optional Groups in the 2nd S of the 1st year and the 1st S of the 2nd year may also include units from other master degrees from the FCUL, with a maximum of 12 ECTS.*

*All Optional Groups may also include other curricular units, to be determined annually by the Scientific Council of FCUL following a proposal of the responsible Department.*

*In the Academic Staff Curricular Files, the field referring to "Total number of contact hours" was filled with the number of hours per week. In order to obtain the total number of contact hours, it is enough to multiply the content of the field by 14. Hours of dissertation are not counted for any FCUL teacher.*

*In the study plan (observations column), curricular units with changes in relation to DR are identified: N (new u.c.) and HC (change in contact hours).*

## **Instrução do pedido**

### **1.Coordenação do ciclo de estudos**

**1.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação da implementação do ciclo de estudos  
A(s) respetiva(s) ficha(s) curricular(es) deve(m) ser apresentada(s) no Mapa IV.**

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo e Helena Maria Iglésias Pereira*

## 2. Plano de estudos

---

### Mapa II - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional - 1º Ano / 1º semestre

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Estatística e Investigação Operacional*

#### 2.1. Study Programme:

*MSc in Statistics and Operational Research*

#### 2.2. Grau:

*Mestre*

#### 2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

*Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional*

#### 2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

*Statistics and Operational Research specialization area*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*1º Ano / 1º semestre*

#### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*1st year / 1st semester*

#### 2.5. Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Metodologias da Estatística	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Probabilidade	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Metodologia de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Técnicas de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Opção (5 Items)	CMAT / CEI	Semestral	168	variável	6	optativa

### Mapa II - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional - grupo opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre

#### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Estatística e Investigação Operacional*

#### 2.1. Study Programme:

*MSc in Statistics and Operational Research*

#### 2.2. Grau:

*Mestre*

#### 2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

*Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional*

#### 2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

*Statistics and Operational Research specialization area*

#### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

**grupo opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre****2.4. Curricular year/semester/trimester:***Set of options 1st Year / 2nd Semester and 2nd Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

<b>Unidades Curriculares / Curricular Units</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Análise Multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Demografia	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa
Estatística Bayesiana	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:14	6	Optativa
Optimização Não Linear	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Complementos de Processos Estocásticos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Processos de Previsão e Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Teoria dos Jogos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Ciências e Sistemas de Informação Geográfica	ETG	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Gestão e Controlo de Qualidade	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:21	6	Optativa; HC
Logística	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Modelação de Acontecimentos Raros	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Redes e Telecomunicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Séries Temporais	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Técnicas Heurísticas	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Gestão de Operações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Redes Neurais e Aplicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Risco em Seguros Vida e Não-Vida	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa; N
Amostragem e Análise de Dados	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:28	6	Optativa; N
Análise de Sobrevivência	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa; N
Opção Livre	OL	Semestral	168	-	6	Optativa

**(20 Items)****Mapa II - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional - 2º Ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics and Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º Ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd Year*

**2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO /PROJECTO (EIO)	CMAT	Anual	1176	OT: 42	42	
opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	optativa
opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	optativa
opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	optativa
<b>(4 Items)</b>						

**Mapa II - Área de especialização em Estatística - 1º Ano / 1º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano / 1º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Metodologias da Estatística	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Probabilidade	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Metodologia de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Técnicas de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T: 28; TP: 14	6	
Opção	CMAT / CEI	Semestral	168	variável	6	Optativa
<b>(5 Items)</b>						

**Mapa II - Área de especialização em Estatística - 1º Ano / 2º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**



*Área de especialização em Estatística***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano / 2º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year / 2nd Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Modelos Estatísticos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Programação Inteira	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Modelação e Optimização Estocástica	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa

(5 Items)

**Mapa II - Área de especialização em Estatística - Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre - subárea de Estatística****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre - subárea de Estatística***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Optional Group 1st Year / 2nd Semester and 2nd Year / 1st Semester - Statistics subarea***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Amostragem e Análise de Dados	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:28	6	Optativa
Modelação de Acontecimentos Raros	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Séries Temporais	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Risco em Seguros Vida e Não-Vida	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa; N
Demografia	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa
Estatística Bayesiana	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:14	6	Optativa
Complementos de	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa

## Processos Estocásticos

Gestão e Controlo de Qualidade	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:21	6	Optativa; HC
Análise de Sobrevivência	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa; N

(9 Items)

**Mapa II - Área de especialização em Estatística - 2º Ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º Ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd Year***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO/PROJETO (E)	CMAT	Anual	1176	OT:42	42	

(4 Items)

**Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - 1º Ano / 1º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:**

**1º Ano / 1º Semestre****2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Metodologias da Estatística	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Probabilidade	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Metodologia de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Técnicas de Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Opção (5 Items)	CMAT / CEI	Semestral	168	variável	6	optativa

**Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - 1º Ano / 2º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano / 2º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year / 2nd Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Modelos Estatísticos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Programação Inteira	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Modelação e Optimização Estocástica	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa
<b>(5 Items)</b>						

**Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre - subárea de Investigação Operacional****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional*

**2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre - subárea de Investigação Operacional***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Optional Group 1st Year / 2nd Semester and 2nd Year / 1st Semester - Operational Research subarea***2.5. Plano de estudos / Study plan**

<b>Unidades Curriculares / Curricular Units</b>	<b>Área Científica / Scientific Area (1)</b>	<b>Duração / Duration (2)</b>	<b>Horas Trabalho / Working Hours (3)</b>	<b>Horas Contacto / Contact Hours (4)</b>	<b>ECTS</b>	<b>Observações / Observations (5)</b>
Gestão de Operações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Análise Multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Logística	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Otimização Não Linear	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Redes e Telecomunicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Redes Neurais e Aplicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Processos de Previsão e Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Técnicas Heurísticas	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Teoria dos Jogos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
<b>(9 Items)</b>						

**Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - 2º Ano****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º Ano***2.4. Curricular year/semester/trimester:***2nd Year*

**2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	1º Semestre	168	variável	6	Optativa
DISSERTAÇÃO/ESTÁGIO /PROJECTO (IO) (4 Items)	CMAT	Anual	1176	OT: 42	42	

**Mapa II - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional - Grupo opcional 1º Ano / 1º semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics and Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo opcional 1º Ano / 1º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Optional Group 1st Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Introdução às Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	optativa
Programação por Objetos	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	optativa
Tecnologia de Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	optativa
Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional (4 Items)	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:21	6	optativa; N

**Mapa II - Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional - 1º Ano / 2º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística e Investigação Operacional*

**2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics and Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***1º Ano / 2º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***1st Year / 2nd Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Modelos Estatísticos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Programação Inteira	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Modelação e Otimização Estocástica	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa
Opção	variável	Semestral	168	variável	6	Optativa

(5 Items)

**Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - Grupo opcional 1º Ano / 1º Semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo opcional 1º Ano / 1º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Optional Group 1st Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Introdução às Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Programação por Objetos	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Tecnologia de Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:21	6	Optativa; N

(4 Items)

**Mapa II - Área de especialização em Estatística - Grupo Opcional 1º Ano / 1º Semestre**

**2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Estatística***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Statistics specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo Opcional 1º Ano / 1º Semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Optional Group 1st Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Introdução às Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Programação por Objetos	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Tecnologia de Bases de Dados	CEI	Semestral	168	T:28; TP:21	6	Optativa
Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:21	6	Optativa; N

**(4 Items)****Mapa II - Área de especialização em Investigação Operacional - Grupo Opcional 1º ano / 2º Semestre e 2º ano / 1º semestre****2.1. Ciclo de Estudos:***Estatística e Investigação Operacional***2.1. Study Programme:***MSc in Statistics and Operational Research***2.2. Grau:***Mestre***2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Área de especialização em Investigação Operacional***2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Operational Research specialization area***2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:***Grupo Opcional 1º ano / 2º Semestre e 2º ano / 1º semestre***2.4. Curricular year/semester/trimester:***Opcional Group 1st Year / 2nd Semester and 2nd Year / 1st Semester***2.5. Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
--	---------------------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------	--------------------------------

Demografia	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa
Estatística Bayesiana	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:14	6	Optativa
Complementos de Processos Estocásticos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Amostragem e Análise de Dados	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:28	6	Optativa; N
Ciências e Sistemas de Informação Geográfica	ETG	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Gestão e Controlo de Qualidade	CMAT	Semestral	168	T:21; TP:21	6	Optativa; HC
Modelação de Acontecimentos Raros	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Séries Temporais	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Risco em Seguros Vida e Não-Vida	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa; N
Análise de Sobrevivência	CMAT	Semestral	168	T:21; PL:14	6	Optativa; N
Opção Livre	OL	Semestral	168	variável	6	Optativa

**(11 Items)**

## Mapa II - Área de especialização em Estatística - Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre

### 2.1. Ciclo de Estudos:

*Estatística e Investigação Operacional*

### 2.1. Study Programme:

*MSc in Statistics and Operational Research*

### 2.2. Grau:

*Mestre*

### 2.3. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

*Área de especialização em Estatística*

### 2.3. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

*Statistics specialization area*

### 2.4. Ano/semestre/trimestre curricular:

*Grupo Opcional 1º Ano / 2º Semestre e 2º Ano / 1º Semestre*

### 2.4. Curricular year/semester/trimester:

*Optional Group 1st Year / 2nd Semester and 2nd Year / 1st Semester*

### 2.5. Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Análise Multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Otimização Não Linear	CMAT	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Processos de Previsão e Decisão	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Teoria dos Jogos	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Ciências e Sistemas de Informação Geográfica	ETG	Semestral	168	T:28; PL:28	6	Optativa
Gestão de Operações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Logística	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Redes e Telecomunicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Redes Neurais e Aplicações	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Técnicas Heurísticas	CMAT	Semestral	168	T:28; TP:14	6	Optativa
Opção Livre	OL	Semestral	168	variável	6	Optativa

**(11 Items)**



### 3. Objetivos do ciclo de estudos e Unidades Curriculares

#### 3.1. Dos objetivos do ciclo de estudos

##### 3.1.1. Objetivos gerais definidos para o ciclo de estudos:

*O Mestrado foi desenhado de modo a que o aluno adquira uma base sólida de estudos em Estatística e Investigação Operacional com as disciplinas obrigatórias, e adquira, também, a capacidade de aplicar estes conhecimentos numa grande variedade de situações.*

*O aluno tem à sua disposição um leque de u.c. em diferentes áreas da Estatística e Investigação Operacional, permitindo-lhe completar a formação do 1º ciclo e/ou escolher a área mais do seu interesse, ou ainda, torná-lo apto a frequentar um 3º ciclo.*

*Um elenco de disciplinas de opção com grande aplicação em situações da vida real, suportadas em bons conhecimentos básicos, conjuntamente com a elaboração de uma Dissertação / Projecto / Estágio numa organização, pretende assegurar que o graduado adquira uma especialização de natureza académica que lhe dará a capacidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos, de identificação, compreensão e resolução de problemas em situações novas, em contextos diferentes e multidisciplinares.*

##### 3.1.1. Generic objectives defined for the study programme:

*This master course is designed so that the students acquire a solid basis in Statistics and Operational Research with the required courses, and get also the ability to apply that knowledge in a variety of situations.*

*A wide list of courses in different areas of Statistics and Operational Research and also other areas, will allow them to enrich their knowledge from the 1st degree and / or to choose their preferred area of interest, or even make them able to attend a 3rd cycle .*

*A list of elective courses with wide application in real life situations, supported on good basic knowledge, together with the preparation of a Thesis / Project / Internship in an organization, aims to ensure that the graduates acquire an academic specialization that will give them the ability to apply the acquired knowledge in different fields. They will be able to identify, understand and solve multidisciplinary problems in new situations and in different contexts.*

##### 3.1.2. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes:

*Dar aos alunos formação de nível avançado nas áreas da Estatística e Investigação Operacional, através do aprofundamento de conhecimentos de natureza fundamental com técnicas de aplicação, na perspectiva da aplicação a diferentes situações e da ligação a outras áreas científicas e tecnológicas.*

*Proporcionar uma visão abrangente da Estatística e da Investigação Operacional, na confluência de diversas disciplinas de análise e resolução de problemas, reforçando os aspectos de modelação e representação, e de programação em computador; dar ênfase ao estudo de modelos estocásticos dinâmicos e acentuar a dualidade e complementaridade das abordagens analítica e numérica. Introduzir alguns modelos e técnicas de planeamento e análise. Apresentar princípios e métodos básicos relevantes para a decisão económica e a monitorização ou controle de processos - em especial, regras de decisão optimal baseadas em previsões para resolução de problemas.*

##### 3.1.2. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be developed by the students:

*The students will obtain advanced level training in Statistics and Operational Research, by linking knowledge of a fundamental nature with solution procedures with the perspective of application to different situations and to other areas of science and technology.*

*A comprehensive view of Statistics and Operational Research at the confluence of several disciplines of analysis and problem solving, strengthening the aspects of modeling and representation, and computer programming, emphasizing the study of dynamic stochastic models and emphasize the duality and complementarities of the analytical and the numerical approaches, will be provided.*

*Models and techniques for planning and analysis will be introduced. The basic principles and methods relevant to economic decision and monitoring or process control - in particular, optimal decision rules based on forecasts for troubleshooting, will be presented.*

##### 3.1.3. Inserção do ciclo de estudos na estratégia institucional de oferta formativa face à missão da instituição:

*A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa foi criada em 1911 com a dupla missão de ensino e de promoção da investigação. Atualmente a missão da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa é expandir os limites do conhecimento científico e da tecnologia, transferir esse conhecimento para a sociedade e promover a educação dos seus estudantes através da prática da investigação.*

*No 2º ciclo em Estatística e Investigação Operacional, em conformidade com os estatutos da FCUL, os métodos, meios e conteúdos de ensino foram definidos de modo a proporcionar uma formação sólida e abrangente e promover o desenvolvimento das capacidades dos alunos, numa perspectiva de aprendizagem permanente e de valorização do pensamento crítico. Também de acordo com os princípios fundamentais estabelecidos na FCUL, esta proposta introduz componentes de formação que visam o desenvolvimento de capacidades e competências directamente relacionadas com a futura intervenção dos formandos na sociedade, através da sua participação nos desafios que estão na base da inovação científica e tecnológica, e do contacto com diferentes áreas de investigação, em estreita ligação com outras instituições e empresas de base tecnológica, numa perspectiva de abertura ao exterior e interação com a sociedade.*

##### 3.1.3. Insertion of the study programme in the institutional training offer strategy against the mission of the institution:

*The Faculty of Science of the University of Lisbon was created in 1911 with the double mission of teaching and scientific research. Nowadays the mission of the Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa is to expand the limits of science and technology, to transfer scientific knowledge into society, and to promote a research-based student*

*education.*

*In the 2nd cycle in Statistics and Operational Research, in accordance with the statutes of FCUL, the methods, means and contents of teaching are defined in order to provide a solid and comprehensive training and promoting the development of students' abilities in a perspective of lifelong learning and appreciation of critical thinking. Also in accordance with the fundamental principles set out in FCUL, this proposal will introduce training components aimed at the development of capacity and skills directly related to the future involvement of students in society, through their participation in the challenges that are the basis of scientific and technological innovation, and the contact with different research areas, in close liaison with other institutions and technology-based companies, from a perspective of openness and interaction with society.*

### 3.2. Organização das Unidades Curriculares

#### Mapa III - Probabilidade / Probability

##### 3.2.1. Unidade curricular:

*Probabilidade / Probability*

##### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Helena Maria Iglésias Pereira (28h T+ 14h TP)*

##### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

##### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Esta disciplina é de nível intermédio e pretende-se que os alunos compreendam os conceitos fundamentais da Teoria de Probabilidade já com razoável rigor e que sejam capazes de utilizar as ferramentas do cálculo de probabilidades com perfeito à vontade.*

##### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*This is a discipline of intermediate level. The main purpose is that the students understand the fundamental concepts of Probability Theory with some rigor and also that they will be able to use the calculus of probability at ease.*

##### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Revisão das principais distribuições univariadas. Momentos e desigualdades com momentos. Função geradora de momentos, função característica e suas propriedades. Vectores aleatórios: definição; f.d. conjunta e suas propriedades, distribuições marginais, distribuições condicionais. Variáveis aleatórias independentes. Funções de vectores aleatórios. Estatísticas ordinárias. Esperança condicional: definição e propriedades. Estudo de algumas distribuições multivariadas: normal bivariada e multivariada.*

*Limites de sucessões de variáveis aleatórias. Convergências: em distribuição, em probabilidade e em média quadrática. Propriedades. Lei dos grandes números e Teorema Limite Central.*

##### 3.2.5. Syllabus:

*Overview of some special univariate distributions. Moments and Generating Functions. Moment Inequalities. Multiple Random Variables. Independent Random Variables, Functions of several Random Variables. Moments, Conditional Expectation, Order Statistics and their distributions. Bivariate and Multivariate Normal Distributions.*

*Limit Theorems: modes of convergence, Law of Large Numbers and Central Limit Theorem.*

##### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O programa está de acordo com o carácter estruturante desta disciplina e com o propósito de dar as ferramentas de cálculo de Probabilidade para as restantes unidades curriculares do mestrado, e portanto, está em consonância com os objectivos que foram definidos.*

##### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The syllabus is consistent with the objectives of the unit, that is, to give the fundamental concepts of the theory of Probability and the support to other units of the course.*

##### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Exposição da matéria teórica intercalada com resolução de problemas.*

*Exame final.*

##### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The theoretical results are presented and then some problems are solved to illustrate the theory.*

*Final Exam.*

- 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*A metodologia seguida, exposição de matéria teórica complementada com a apresentação de exemplos e resolução de exercícios, visa dar a formação teórica e a prática de cálculo que são os objectivos desta unidade curricular.*
- 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The teaching methodology is in accordance with the objectives defined, that is, to give the theoretical foundations and the skill of calculus.*
- 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**  
*Cacoullus, T. - Exercises in Probability, Springer-Verlag New York Inc., 1989.*  
*DeGroot, M. - Probability and Statistics, Addison-Wesley, 1989.*  
*Pestana D., Velosa - Introdução à Probabilidade e à Estatística (Vol. I), 2ª edição Fundação Calouste Gulbenkian, 2006.*  
*Rohatgi, V.K.- An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics, J. Wiley, 1976.*  
*Rohatgi V.K, and Ehsanes Saleh.A. K. Md. - An Introduction to Probability and Statistics, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons, 2001.*

### Mapa III - Metodologias da Estatística / Statistical Methodologies

- 3.2.1. Unidade curricular:**  
*Metodologias da Estatística / Statistical Methodologies*
- 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Maria Isabel Fraga Alves (28h T+ 14h TP)*
- 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*<sem resposta>*
- 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*O objectivo desta unidade curricular é construir a estatística teórica a partir dos primeiros princípios da teoria de probabilidade. O desenvolvimento lógico, as ideias de provas, os temas, etc., desenvolvem-se por argumentos estatísticos. Assim, começando dos fundamentos da probabilidade, desenvolvemos a teoria da inferência estatística que usa técnicas, definições, e conceitos que são estatísticos e são extensões naturais e consequências de conceitos anteriores.*
- 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*The purpose of this subject is to build theoretical statistics from the first principles of probability theory. Logical development, proofs ideas, themes, etc., evolve through statistical arguments. Thus, starting from the basics of probability, we develop the theory of statistical inference using techniques, definitions, and concepts that are statistical and are natural extensions and consequences of previous concepts.*
- 3.2.5. Conteúdos programáticos:**
- 1. Revisão*
  - 2. Princípios e Estimação Pontual*
  - 3. Testes de Hipóteses e Estimação Intervalar*
- 3.2.5. Syllabus:**
- 1. Review*
  - 2. Principles of Data Reduction and Estimation*
  - 3. Testing Hypotheses and Confidence Intervals*
- 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos estão em coerência com os objetivos da unidade curricular, nomeadamente através da apresentação dos Fundamentos da Estatística, tendo em vista a preparação estrutural para todos os outros cursos do Mestrado.*
- 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus are consistent with the objectives of the curriculum unit, through the presentation of the foundations of Statistics, aiming to a structural preparation for all other courses of the master.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Slides e trabalhos de casa.*

*Exame Final.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Slides and Take-Home quizzes*

*Final Exam.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino estão em coerência com os objectivos da unidade curricular, nomeadamente através da implementação de aulas teóricas, teórico-práticas e orientação tutorial dirigidas a um acompanhamento contínuo da disciplina que interliga cada capítulo de estudo com os previamente apresentados.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Teaching methodologies are consistent with the objectives of the curriculum unit, namely through the implementation of theoretical, practical and theoretical lessons, tutorial orientation targeting a continuous surveillance of discipline that links each chapter study with previously submitted.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Casella, G e Berger, R.L. (1990/2002). Statistical Inference. 1ªed/2ªed. Duxbury Press.*

*Fraga Alves, M.I., Gomes, M.I. e Sousa, L. (2007). Fundamentos e Metodologias da Estatística. Centro de Estatística e Aplicações da Universidade de Lisboa.*

*Rohatgi, V.K. e Saleh, A.K. (2001). An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics. J. Wiley & Sons.*

**Mapa III - Estatística Bayesiana / Bayesian Statistics****3.2.1. Unidade curricular:**

*Estatística Bayesiana / Bayesian Statistics*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Patrícia Cortés de Zea Bermudez (28h T+ 14h PL)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo da disciplina é o de introduzir as ideias fundamentais da metodologia bayesiana, compará-la em termos das suas vantagens e desvantagens relativamente à metodologia clássica para resolver problemas de inferência estatística. Os estudantes devem ser capazes de construir um modelo bayesiano para um problema específico, implementá-lo usando software adequado, tirar e interpretar correctamente as conclusões.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The objective of the discipline is to introduce the Bayesian Methodology as an alternative to the Classical methodology to solve statistical inference problems and to compare both methodologies, presenting their advantages and disadvantages. The students should be able to construct Bayesian models, implement them using adequate software and take and properly interpret the conclusions.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Probabilidade subjectiva; informação a priori; informação por amostragem; Metodologia Bayesiana versus Metodologia Clássica. 2. Vantagens e desvantagens da Metodologia Bayesiana; Teorema de Bayes; 3. Modelo paramétrico; o parâmetro como variável aleatória; generalização do teorema de Bayes; distribuição a priori e distribuição a posteriori. 4. Considerações sobre a eliciação de distribuições a priori; distribuições a priori não informativas; distribuições a priori conjugadas. 5. Inferências do ponto de vista bayesiano; conceitos gerais sobre estimação (pontual e regional), testes de hipóteses e predição; comparação de modelos. 6. Análise de alguns modelos discretos: modelo binomial; modelo de Poisson. 7. O modelo normal; inferências sobre a média. 8. Técnicas de implementação do paradigma bayesiano; o "Teorema Limite Central Bayesiano". 9. Métodos de simulação para amostrar da distribuição a posteriori: Monte Carlo simples e Monte Carlo via cadeias de Markov. Software WinBUGS.*

**3.2.5. Syllabus:**

1. Subjective probability; prior information; sampling information; Metodologia Bayesian versus Frequentist methodology 2. Advantages and disadvantages of Bayesian Methodology; Bayes theorem as an updating information tool; 3. Parametric model; the parameter as a random variable; generalization of Bayes theorem; prior and posterior distribution. Examples of application. 4. Elicitation of prior distributions ; non-informative prior distributions; family of conjugate prior distributions. 5. Inference from a Bayesian point of view; general concepts about estimation, hypotheses testing and prediction; model comparison. 6. Analysis of discrete models; binomial and Poisson models. Application to concrete cases. 7. Inference on the normal model. 8. Analytical and computational tools for the implementation of the Bayesian paradigm. The bayesian Central Limit Theorem; Laplace method. 9. Simulation methods; Simple Monte Carlo and Monte Carlo Markov Chain method 10. WinBUGS software.

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A Estatística Bayesiana é uma metodologia estatística cada vez mais usada em várias áreas científicas, como abordagem inferencial alternativa na resposta a problemas de natureza complexa. É importante que os estudantes tenham contacto com os conceitos fundamentais subjacentes a esta metodologia, saibam construir os modelos bayesianos, implementá-los e interpretar os seus resultados. Os primeiros 7 pontos dos conteúdos programáticos dão a formação de base para se compreender o paradigma bayesiano e perceber as diferenças filosóficas e conceptuais que distinguem as duas metodologias, clássica e bayesiana. A eliciação da distribuição a priori é fundamental ao desenvolvimento da metodologia e por isso dá-se especial relevância a essa questão no ponto 4. O software mais utilizado em metodologia Bayesiana é o WinBUGS. Este software, de livre acesso, usa o método de Monte Carlo via Cadeias de Markov. É pois necessário no ponto 9 a referência a esses métodos de simulação e análise inferencial.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Bayesian Statistics is, nowadays, very often chosen as a statistical methodology to answer inferential problems in many applications where problems have of a complex nature. It is important that students learn the basic fundamental concepts behind this methodology, know how to construct and implement a Bayesian model, take the appropriate conclusions and interpret them adequately. The first 7 points in the proposed syllabus aim to fulfill those objectives and to understand the basic differences between the two statistical methodologies: Classical and Bayesian. Elicitation of prior information is a key piece in the Bayesian paradigm, hence it is essential to devote some time to that issue. This is done in the point 4 of the syllabus. Bayesian Statistics relies heavily in simulation methods, basically on Markov Chain Monte Carlo Methods which is the basic tool in WinBUGS, the most used software for Bayesian Statistics. Hence the need for the point 9 of the syllabus.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*As aulas são distribuídas em aulas teóricas, onde a matéria é apresentada formalmente usando os meios de ensino tradicionais; nas aulas teórico-práticas são resolvidos exercícios académicos para consolidar os conhecimentos introduzidos nas aulas teóricas; nas aulas práticas são resolvidos problemas de natureza mais complexa, nomeadamente problemas com dados reais, cuja resolução necessita de software adequado.*

*Exame final com peso de 100%*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The lectures follow the traditional pattern of teaching the fundamental mathematical knowledge. However, real life problems are dealt with in classes with the aid of computers and adequate software. Also there are tutorials where academic problems are solved to consolidate the main concepts taught during the lectures.*

*Final exam with weight 100%*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Sendo o objectivo principal da disciplina a introdução de conceitos teóricos devidamente fundamentados, o padrão tradicional de ensino de aulas teóricas onde a matéria é exposta com rigor, é peça fundamental para a compreensão e assimilação dos conceitos. Esta exposição é sempre acompanhada por exemplos práticos de natureza académica. Raramente problemas inferenciais com recurso à abordagem bayesiana têm solução analítica simples; alguns destes exemplos são apresentados nas aulas. A sua resolução ajuda na compreensão e cimentação dos conceitos teóricos. No entanto, a abordagem bayesiana a problemas reais e de natureza um pouco mais complexa, necessita do recurso a métodos aproximados ou de simulação. Esses métodos são em geral de implementação difícil, necessitando de conhecimentos avançados de programação, que só se adquire com muita prática. Não se exige pois que os alunos sejam capazes de desenvolver programas para a implementação dos métodos a problemas de natureza mais complexa. Assim, nas aulas práticas resolvem-se esses problemas com recurso ao software WinBUGS, não descuidando, no entanto, a compreensão profunda do modo como através desse software, os resultados são obtidos.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Since the main objective of the discipline is to introduce theoretical concepts, they should be rigorously introduced and hence, the traditional way of giving lectures where the theory is exposed with rigor is fundamental for the comprehension and assimilation of the basic ideas and concepts. Nevertheless this exposition is always accompanied by simple examples of an academic nature. Rarely Bayesian inferential problems have a simple analytical solution. These ones are given in tutorials since its resolution will help students to understand the basic aspects of the methodology. However, the Bayesian approach to real problems of a slight complex nature, requires the use of approximate and simulation methods. Those methods are, in general, difficult to implement, needing an advanced knowledge in programming, which requires a lot of practice. It is not required that the students should be able to develop their own programs to implement the methodology. In practical classes in the computer labs, the students will learn how*

*to use the software WinBUGS to answer those type of problems, although it will be required that they fully understand the methods behind the software and fully understand the output results and their proper interpretation.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Albert, J. (2009) Bayesian Computation with R. 2nd Edition. Springer.*

*Bernardo, J.M. e Smith, A.F.M. (1994) Bayesian Theory. Chischester, Wiley.*

*Bolstad, W.M. (2004) Introduction to Bayesian Statistics. New Jersey: John Wiley and Sons.*

*Carlin, B.P. e Louis, T. (2000). Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis. 2nd ed. London: Chapman and Hall.*

*Hoff, P. D. (2009). A first course in bayesian statistical methods. Springer.*

*O'Hagan, A. (1994) Bayesian Inference. Kendall's Advanced Theory of Statistics, vol 2B. London: Arnold.*

*Paulino, C.D., Amaral Turkman, M.A. e Murteira, B. (2003) Estatística Bayesiana. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.*

## **Mapa III - Gestão e Controlo de Qualidade / Quality Control and Management**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Gestão e Controlo de Qualidade / Quality Control and Management*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Isabel Calisto Frade Barão (21h T+ 21h TP)*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Esta unidade curricular visa fornecer aos alunos conhecimentos relativos à Gestão e Controlo da Qualidade. Os alunos devem ficar a conhecer os métodos de controlo da qualidade em linha de produção e a saber delinear vários tipos de cartas de controlo. Será também abordado o problema da Amostragem de Aceitação e da Fiabilidade. Finalmente, são apresentados alguns sistemas de Gestão da Qualidade.*

### **3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Students will learn the fundamental methods of Quality Control and Management. A special emphasis is given to on-line control (SPC), they will learn how to design different control charts. Then we will look at Acceptance Sampling and Reliability. Finally, some Quality Management Systems are presented.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Introdução.*

*2. Controlo Estatístico de Processos*

*3. Amostragem de aceitação*

*4. Fiabilidade*

*5. Tópicos adicionais*

### **3.2.5. Syllabus:**

*1. Introduction*

*2. Statistical process control*

*3. Acceptance Sampling*

*4. Reliability*

*5. Additional Topics*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos foram escolhidos tendo em atenção que os estudantes têm formações prévias diferentes, adquiridas em 1ºs Ciclos diversificados, mas de forma a que possam adquirir os conhecimentos de Gestão e Controlo de Qualidade (GCQ) enunciados nos objectivos, nomeadamente: Controlo Estatístico de Processos, Amostragem de aceitação, Fiabilidade e os principais sistemas de Gestão da Qualidade.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The course contents were chosen having in mind that students come from different backgrounds, but in order to acquire the fundamental methods of Quality Control and Management defined in the objectives, namely: statistical process control (SPC), Acceptance Sampling, Reliability and main Quality Management Systems.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, com exposição da matéria e apresentação de exemplos.*

*Aulas teórico-práticas com resolução de exercícios e aulas práticas em laboratório de computadores, onde os alunos usam algumas facilidades dos pacotes estatísticos, na área de Controlo de Qualidade.*

*Avaliação contínua. Trabalho opcional. Exame final.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Firstly, there is a lecture on the topic of interest and this is followed by a practical session in which we solve exercises related to that topic. There are also laboratory classes where the students solve practical statistical problems using some statistical package facility in the area of Quality Control.*

*Continuous evaluation. Optional Assignment. Final exam.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A metodologia de ensino é a clássica, compreendendo aulas teóricas, complementadas por teórico-práticas e práticas de laboratório de computadores, possibilitando assim uma sólida aquisição de conhecimentos. Nas aulas teóricas são apresentados os fundamentos e metodologias relevantes de GCQ, nas TP os alunos reforçam esses conhecimentos, através da resolução de exercícios, e as aulas práticas de laboratório treinam a aquisição de competências técnicas através da utilização de software estatístico adequado para a resolução de problemas. Estas três vertentes permitem aos alunos compreender e aplicar a situações concretas os conhecimentos de GCQ leccionados, e interpretar de forma correcta os seus resultados, de acordo com os objectivos estabelecidos para a unidade curricular.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The teaching methodology is classical, lectures followed by TP sessions in which we run exercises related to that topic, and complemented by laboratory classes, with problems solved using statistical software. This triple approach will enable students to understand the fundamentals and methodologies of GCQ, apply the taught knowledge to real situations, in agreement with the proposed objectives for this curricular unit.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Gomes, M. I., Figueiredo, F. and M.I. Barão (2010). Controlo Estatístico da Qualidade, 2ªed. Edições S.P.E.*

*Montgomery, D.C.(2009). Statistical Quality Control: a Modern Introduction, Wiley.*

*Sower, V. (2011). Essentials of Quality. Wiley.*

*Ledolter, J. & C.W. Burrill (1999). Statistical Quality Control — Strategies and Tools for Continual Improvement. Wiley.*

## **Mapa III - Modelos Estatísticos / Statistical Models**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Modelos Estatísticos / Statistical Models*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Salomé Esteves Cabral (28h T+ 14h TP)*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se habilitar os alunos a saber usar os vários modelos de regressão para analisar dados de natureza variada. O aluno deve ser capaz de utilizar software adequado (em particular o R) para modelar e interpretar correctamente os resultados obtidos. Pretende-se também complementar conhecimentos obtidos noutras disciplinas.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Upon completion of this course, the students must have the ability to build the appropriate models for different study designs. They should be able to choose, apply, and interact with statistical software (in particular R) for the several models.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:****Módulo 1 – Modelos de Regressão Linear**

*Revisão de conhecimentos sobre modelo de regressão linear; análise de variância como caso especial do modelo de regressão linear; métodos de selecção de variáveis e de diagnóstico do modelo.*

**Módulo 2 – Modelos Lineares Generalizados**

*Definição de um modelo linear generalizado; modelos para respostas contínuas; modelos para respostas binárias, modelos para respostas ordinais e modelos para contagens; sobredispersão; inferência nos MLG, selecção de variáveis e métodos de diagnóstico; aplicações*

**Módulo 3 – Extensões dos Modelos Lineares Generalizados**

*Necessidade da extensão dos MLG para contemplar heterogeneidade, dependência, medições repetidas; não linearidade.*

*Modelos de efeitos aleatórios – inferência e predição;*

*Medições repetidas e modelos de dados longitudinais; respostas múltiplas e modelos multinível;*

*Modelos de efeitos mistos para dados não normais; modelos lineares generalizados mistos; modelos aditivos.*

**3.2.5. Syllabus:****I Linear Regression Models**

*Revision of the linear regression model; analysis of variance as a special case; selection of variables and model adequacy.*

**II Generalized Linear Models**

*Definition of a GLM; models for continuous response; models for binary response, models for ordinal response and models for counts; over dispersion; variable selection and model adequacy.*

**III Extension of the GLM**

*The need for the extension; heterogeneity, dependence, repeated measures and nonlinearity;*

*Random effects models;*

*Repeated measures and longitudinal data; multiple responses;*

*Mixed effect models for non-normal responses; generalized linear mixed models;*

*Additive models.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A estruturação do programa em 3 módulos: Modelos de Regressão Linear, Modelos Lineares Generalizados e Extensões dos Modelos Lineares Generalizados, permite aos alunos complementarem conhecimentos obtidos noutras disciplinas e adquirir, de forma progressiva e gradual, os saberes necessários para usarem os vários modelos de regressão na análise de dados de natureza variada.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The division of the program in 3 parts: Linear Regression Models, Generalized Linear Models and Extension of the GLM, allows the student to consolidate the knowledge as well as the acquisition of new methodologies to be used in the analysis of different kinds of data.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*São apresentados conceitos fundamentais de modelação, selecção de modelos e sua adequabilidade de um modo geral; do ponto de vista prático dá-se relevo à escolha adequada do modelo e à sua interpretação.*

*A metodologia de ensino baseia-se na exposição e explicação do tema da aula seguido de aplicação prática usando, de preferência, o programa R.*

*Na discussão dos vários temas são utilizados dados reais.*



- (i) 2 Testes  
ou  
(ii) Exame Final

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Basic concepts of modelling, selection and adequacy are introduced with detail; There will be a combination of lectures, demonstrations and hands-on computer practical sessions. The R package is used. The several subjects will be discussed, using real data.*

- (i) 2 Tests  
or  
(ii) Final exam.

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A exposição dos conceitos teóricos e a sua aplicação na resolução de problemas reais com recurso ao programa R criam uma interacção entre teoria e prática que permitem estabelecer as pontes entre as duas, solidificando os conhecimentos e ao mesmo tempo dando a capacidade de identificação dos modelos para analisarem dados de natureza variada.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The combination of lectures, demonstrations and hands-on computer practical sessions, using the R package, allows a comprehensive approach of theory and practical problems leading to an understanding of the relation between them and the ability of analyse real data.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Cabral, M. S., e Gonçalves, M. H. (2011) - Análise de Dados Longitudinais. Sociedade Portuguesa de Estatística, ISBN: 978-972-8890-24-7 Depósito Legal nº 332365/11.*

*Faraway, J. J. (2006) Extending the Linear Model with R; Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapman & Hall.*

*Weisberg, S. (2005). Applied Linear Regression. Wiley Series in Probability and Statistics*

*Fox, J (2008). Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models. Sage Publications.*

*Wood, S (2006) Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science*

*Pinheiro, JC and Bates, D M. (2000) Mixed Effects Models in S and S-plus, Springer Series in Statistics and Computing, New York: Springer Verlag.*

*Geert Molenberghs, Geert Verbeke , (2005). Models for Discrete Longitudinal Data (Springer Series in Statistics). Springer*

## Mapa III - Séries Temporais / Time Series

### 3.2.1. Unidade curricular:

*Séries Temporais / Time Series*

### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Kamil Feridun Turkman (28h T+ 14h TP) - Não ativa em 2016/17*

### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*O objectivo da disciplina é dar uma introdução aos dados cronológicos e ensinar modelos lineares de séries temporais para este tipo de dados.*

### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The objective of the discipline is to give an introduction to serially dependent data and give linear times series models for such data sets*

### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

1. *Introdução a dados dependentes; processos estocásticos discretos e contínuos, distribuições de dimensão finita, funções de auto-covariância e de auto-covariância parcial e processos Gaussianos.*
2. *Modelos lineares, Modelo linear geral e classe dos modelos ARMA; conceitos de estacionaridade e invertibilidade, modelos sazonais, modelos não estacionários.*
3. *Modelação de séries temporais, identificação, estimação e diagnóstico em séries temporais.*
4. *Previsão baseada nos modelos lineares e outras técnicas de previsão.*
5. *Análise espectral*

### 3.2.5. Syllabus:

1. *Introduction to dependent data, discrete -continuous parameter stochastic processes, finite dimensional distributions, auto covariance and partial auto covariance functions and Gaussian processes*
2. *Linear times series models, general linear model the ARMA class models concept of stationarity and invertibility, Concept of seasonal models. Non-stationary models*
- 3 *Modeling of times series. Model identification, estimation and diagnosis*
4. *Prediction of time series based on linear models and other prediction techniques*
- 5 *Spectral analysis of times series*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os conceitos básicos de estatística dão a capacidade de tirar conclusões de amostras de observações independentes e idênticamente distribuídas. A análise de Séries Temporais estende estes resultados a observações dependentes e possivelmente não idênticamente distribuídas. Os modelos lineares são a ferramenta mais simples para este conjunto de dados e o curso introduz este conhecimento básico.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The basic statistical concepts give capacity to take conclusions of random samples consisting of independent identical observations. Time series analysis extends these results to serially dependent and possibly non-identical data. Linear models are the simplest tools for such data sets and the course introduces these basic knowledge .*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*As aulas são dadas com o objectivo de equipar os estudantes com as ferramentas de modelação de séries temporais. Consequentemente o ensino é concentrado no software ITSM para resolver problemas práticos. Os alunos também são encorajados a utilizar o software R.*

*A avaliação consiste num exame final e em projectos.*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The lectures are given with the intention of giving students the tools to master modeling time series. Therefore, the teaching is concentrated on the software ITSM to solve as many practical problems as possible. However, students are also encouraged to use R packages available for time series.*

*The evaluation consists of a final exam together with projects in modeling time series.*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O objectivo dos vários cursos de Mestrado em que a disciplina de séries temporais é uma opção, é de equipar os estudantes com as ferramentas necessárias para modelar séries temporais. A disciplina está organizada de modo a que esta capacidade seja desenvolvida na melhor forma possível.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The objective of the various MSc courses which use this discipline as option is to give the student tools in modeling and analysisn data sets. The discipline is designed to give this capacity for modeling serially dependent data sets.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Brockwell and Davis(1996) Introduction to time series Springer.*

*New editions exist*

▣ *Murteira, Muller and Turkman(1993) Time series analysis. (In portuguese) Mcgraw Hill*

▣ *Morettin and Toli(2004) Time series analysis (In Portuguese)*

*ABE*

- ▣ *Brockwell and Davis(1991) Time series: Theory and Methods. Springer*
- ▣ *Kitagawa(2010) Introduction to Time series. CRC Press*
- ▣ *Prado and West(2010) Time series: Modeling, computation and Inference. CRC press*

### Mapa III - Dissertação/Estágio/Projecto (E) // Dissertation / Internship / Project (S)

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Dissertação/Estágio/Projecto (E) // Dissertation / Internship / Project (S)*

#### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Helena Maria Iglésias Pereira*

#### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Vários docentes envolvidos*

#### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Mostrar que o estudante sabe aplicar os seus conhecimentos na resolução de problemas em situações novas e não familiares, em contextos alargados e multidisciplinares, ainda que relacionados com a área de Estatística, consegue desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, e é capaz de comunicar as suas conclusões, e os conhecimentos e raciocínios a elas subjacentes, de forma clara.*

#### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Show that the student knows how to apply his/her knowledge to solve problems in new and unfamiliar situations, in broad contexts and disciplines, although related to the field of Statistics, can develop solutions or make judgments in situations of limited or incomplete information, and is able to communicate his/her conclusions, and the knowledge and reasoning underlying them clearly.*

#### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Não aplicável.*

#### 3.2.5. Syllabus:

*Not applicable.*

#### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Não aplicável.*

#### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Not applicable.*

#### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Não aplicável.*

#### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Not applicable.*

#### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Não aplicável.*

#### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Not applicable.*

#### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Não aplicável.*

### Mapa III - Metodologia de Investigação Operacional / Operational Research Methodology

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Metodologia de Investigação Operacional / Operational Research Methodology*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo (9.52h T + 4.76h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*António José Lopes Rodrigues (9.24h T + 4,62h TP)*  
*Ana Maria Duarte Silva Alves Paias (9.24h T + 4,62h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Apresentar a metodologia geral de Investigação Operacional. Estudar diversas técnicas de modelação, incluindo programação matemática, otimização em redes, simulação, etc. Aprender a especificar modelos gráficos para processos e sistemas de acontecimentos discretos. Postos perante problemas reais, os estudantes devem ficar a saber modelar matematicamente o problema, escolhendo a forma mais adequada a cada situação, e aprender a interpretar os resultados.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*The objectives of this course are: to present the Operational Research methodology; to study different modeling techniques, including mathematical programming, network optimization, simulation, among others; to learn how to specify graphical models for processes and discrete event systems. Facing real problems, students should be able to mathematically formulate the problem, choosing the most appropriate model for each situation, and learn to do a correct and complete interpretation of the results.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução à metodologia geral utilizada em Investigação Operacional para resolução de problemas. Fases do método: Estudo do problema, Formulação e construção de um modelo, Obtenção da solução, Validação do modelo e teste da solução, Implementação da solução.*
- 2. Modelos em Programação Matemática. Definição dos objectivos. Tipos de restrições. Análise de sensibilidade e robustez.*
- 3. Modelos em redes. Caminho óptimo, transportes ou afectação, fluxos, planeamento de produção ou de investimento, localização de equipamentos, caixeiro viajante ou otimização de rotas.*
- 4. Modelação gráfica de sistemas. Conceitos básicos de sistemas e processos. Exemplos de formalismos de representação. Redes de actividades. Diagramas de ciclos de actividades e diagramas de estados e transições. Formulações em espaço de estados.*
- 5. Seminários sobre diferentes tipos de metodologia: pesquisa iterativa, simulação, métodos construtivos em scheduling, análise multicritério ou programação dinâmica.*

**3.2.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to general Operational Research methodology for problem-solving.*  
*Phases: Analysis of the problem, formulation and construction of a model, solution procedures, model validation and solution testing, solution implementation.*
- 2. Models in Mathematical Programming.*  
*Choice of the objectives. Types of constraints. Sensitivity analysis and robustness.*
- 3. Networks Models.*  
*Optimal path, transportation or assignment, Flows, production planning, investment, facility location, traveling salesman or route optimization.*
- 4. Systems graphical modeling.*  
*Basic concepts of systems and processes. Examples of representation formalisms. Activity networks. Activity cycle diagrams and state-transition diagrams. State-space formulations.*
- 5. Seminars on different types of methodology, e.g., iterative search, simulation, constructive methods in scheduling, multicriteria analysis, or dynamic programming.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos permitem ao aluno ficar, na fase inicial do curso, com uma ideia global, suficientemente abrangente, das várias abordagens metodológicas da I.O., quer através de conceitos teóricos gerais, quer através de exemplos de aplicação concretos.*

*O regime tutorial das primeiras partes do Programa é acompanhado pela aplicação prática dos conceitos a problemas mais simples. O regime de seminário da parte final do Programa permite a apresentação e discussão de metodologias*

*específicas bastante comuns, aplicadas a problemas mais realistas, ou mesmo reais (estudo de casos).*

*Desta forma, é possível garantir que o aluno obtém um nível adequado de conhecimento geral da metodologia de I.O., independentemente do seu percurso académico prévio ou posterior.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus enables the student to get, at the beginning of the Master course, a global and reasonably wide grasp of the different methodological approaches within O.R., both through general theoretical concepts and through specific application examples.*

*The first parts of the syllabus follow the usual tutorial mode, with practical applications of the theoretical concepts to simpler types of problems. The seminar mode adopted for the latter part of this curricular unit allows the presentation and discussion of specific and very common methodologies, applied to more realistic, or even real problems (case studies).*

*In this way, it is possible to assure that a student obtains an adequate level of general knowledge about O.R. methodology, irrespectively of his/her academic background or of subsequent curriculum choices.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas, teórico-práticas e seminários.*

*Aplicação das noções dadas nas aulas teóricas.*

*Ilustração das várias situações discutidas nas aulas teóricas com exemplos práticos.*

*Formulação, resolução e análise de diversos tipos de problemas.*

*Utilização do software para a resolução computacional dos exercícios.*

*Trabalhos e Exame final escrito. Eventual Exame oral.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures, seminars, tutorial and lab.*

*Exemplification and application of the subjects discussed in the theoretical lessons.*

*Formulation, solving and analysis of several types of problems.*

*Use of available software for solving the exercises.*

*Home assignments and final written examination with possible oral exam.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O regime tutorial das primeiras partes do Programa é acompanhado pela aplicação prática dos conceitos a problemas mais simples, susceptíveis de avaliação em exame escrito. O regime de seminário da parte final do Programa permite a apresentação e discussão de metodologias específicas bastante comuns, aplicadas a problemas mais realistas, ou mesmo reais, dando oportunidade à realização de trabalhos de análise de artigos científicos ou de estudo de casos.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The first parts of the syllabus follow the usual tutorial mode, with practical applications of the theoretical concepts to simpler types of problems, adequate for written exam assessment. The seminar mode adopted for the latter part of this curricular unit allows the presentation and discussion of specific and very common methodologies, applied to more realistic, or even real problems, enabling the proposal of home assignments for the analysis of scientific papers, or of case studies.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*FS Hillier, GJ Lieberman, Introduction to Operations Research, 9th ed., McGraw-Hill Publishing Company, New York, 2010.*

*S Bradley, A Hax, T Magnanti, Applied Mathematical Programming, Addison-Wesley Publ. Company, Reading, Massachusetts, 1977.*

*MS Bazaraa, JJ Jarvis, HD Sherali, Linear Programming and Network Flows, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1990.*

*A Ravindran, DT Phillips, J Solberg, Operations Research: Principles and Practice, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1987.*

**Mapa III - Técnicas de Investigação Operacional / Operational Research Techniques****3.2.1. Unidade curricular:**

*Técnicas de Investigação Operacional / Operational Research Techniques*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo (14h T + 7h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Maria Duarte Silva Alves Paias (14h T + 7h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se habilitar os alunos com conhecimentos metodológicos e técnicos que lhes permitam utilizar da forma mais adequada as técnicas de Programação Linear e de Optimização em Redes.*

*Dar a conhecer aos alunos uma série de problemas que aparecem na intersecção entre a teoria dos grafos e os ditos "problemas de programação inteira em redes". Aplicações reais e técnicas de resolução são postas em evidência.*

*Aprender a escolher a melhor forma para abordar uma situação.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The objective of this course is to give the students the methodological and technical skills to make them able to correctly use Linear Programming and Network Optimization Techniques.*

*Introduce to the students several problems, which are related with graph theory as well as "integer programming in networks". Real world applications as well as solution techniques will be given for each problem.*

*Learn to do a correct and complete interpretation of the results.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução*

*Propriedades Fundamentais dos Problemas de Programação Linear*

*Algoritmo do Simplex e variantes*

*Dualidade. Interpretação Económica e Complementaridade*

*Algoritmo Dual do Simplex e Algoritmo Primal-Dual*

*Pós-optimização*

*Problemas de Transporte, de Transshipment e de Afectação*

*Problemas Lineares de Grandes Dimensões: Métodos de Decomposição*

*Problema de Caminho Óptimo. Revisões. Extensões e Variantes.*

*Árvore de Suporte de Custo Mínimo. Revisões. Extensões e Variantes.*

*Problema do Fluxo Máximo. Revisões. Extensões e Variantes.*

*Problema do Fluxo de Custo Mínimo. Variantes e Algoritmos.*

*Emparelhamento de cardinalidade máxima. Algoritmo.*

*Algoritmo Primal-Dual dos Transportes.*

*Simplex em Redes.*

**3.2.5. Syllabus:**

*Introduction.*

*Fundamental Properties of Linear Programming.*

*Simplex algorithm and its variants.*

*Duality. Economic Interpretation and Complementary Slackness.*

*Dual Method and Primal-Dual Method.*

*Postoptimal Analysis.*

*Transportation, Transshipment and Assignment Problems.*

*Large Scale Linear Problems: Decomposition Methods.*

*Optimal Paths. Extensions and variants.*

*Minimum Spanning Trees. Extensions and variants.*

*Maximum Flow. Extensions and variants.*

*Minimum Cost Flow. Variants and Algorithms.*

*Maximum cardinality Matchings. Algorithm.*

*Primal-Dual Transportation Algorithm.*

*Network Simplex Algorithm.*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objectivo da unidade curricular é permitir aos alunos adquirir conhecimentos metodológicos e técnicos que lhes permitam utilizar da forma mais adequada as técnicas de Programação Linear e de Optimização em Redes.*

*Isto é conseguido com a introdução ou revisão de vários problemas que podem ser formulados em Programação Linear e/ou Optimização em Redes, e de técnicas para os resolver. Em particular faz-se uma distinção entre problemas que podem ser resolvidos com técnicas já ensinadas e problemas, para os quais vai ser necessário idealizar novas técnicas.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The objective of this course is to give the students the methodological and technical skills to make them able to correctly use Linear Programming and Network Optimization Techniques.*

*This is accomplished by introducing or revising problems that can be formulated as a Linear Program and/or by Network Flows, and by showing techniques to solve them. In particular, we distinguish between problems that can be solved by techniques that are already known in the course and problems that need something else, namely the extension of known techniques or the teaching of new ones.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas.*

*Utilização do software disponível para a resolução computacional dos exercícios propostos.*

*Exame final escrito e eventual Exame oral.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures, tutorial and lab.*

*Use of available software for solving the set of instances studied.*

*Final written examination with possible oral examination.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O ensino inclui a introdução de vários problemas e de técnicas para os resolver. Para cada caso, comparam-se as técnicas estudadas para os resolver para assim se conseguir avaliar as vantagens e desvantagens das mesmas.*

*Em certos casos, o estudo é complementado com a utilização de softwares apropriados e/ou a implementação de algoritmos.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The teaching includes the presentation of several problems together with different techniques for solving them. For each case, we compare the different techniques used to solve it in order to illustrate its advantages and disadvantages.*

*In some cases, the study is complemented with the use of available software or the implementation and empirical testing of the technique.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

- S Bradley, A Hax, T Magnanti, Applied Mathematical Programming, Addison-Wesley Publ. Company, 1977*
- L Cooper, D Steinberg, Methods and Applications of Linear Programming, W.B. Sanders Company, 1974*
- G Zoutendijk, Mathematical Programming Methods, North-Holland, Amesterdam, 1976*
- A Ravindran, DT Phillips, J Solberg, Operations Research: Principles and Practice, J. Wiley & Sons, 1987*
- W Cook, W Cunningham, W Pulleyblank and A Schrijver, Combinatorial Optimization, Capítulos 2, 3, 4 e 5.*
- RK Ahuja, TL Magnanti & JB Orlin, Network Flows, Prentice-Hall, Inc.,1993*
- M Gondran & M Minoux, Graphs and Algorithms, J. Wiley & Sons, 1984.*
- MM Syslo, N Deo & JS Kowalik (1983), Discrete Optimization Algorithms with Pascal Programs, Prentice-Hall Inc., 1983.*

### Mapa III - Programação Inteira / Integer Programming

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Programação Inteira / Integer Programming*

#### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Luís Eduardo Neves Gouveia (14h T + 7h TP)*

#### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria da Conceição Fonseca (14h T + 7h TP)*

#### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Aquisição de conhecimentos teóricos em Programação Inteira e capacidade de os aplicar. Especificamente, pretende-se que os alunos: i) sejam capazes de formular problemas em Programação Linear Inteira e Mista, e identificar estruturas especiais; ii) conheçam algumas das técnicas exactas e aproximadas mais usadas para resolver problemas de Programação Inteira, e sejam capazes de as utilizar.*

#### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*Acquisition of theoretical knowledge on Integer Programming and ability to apply it. Specifically, it is intended that students: i) be able to formulate problems as mixed integer linear programs, and identify special structures, ii) know some of the exact and approximate techniques commonly used to solve integer programming problems, and be able to use them.*

#### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à Programação Inteira e Mista.*
- 2. Heurísticas e Relaxações*
- 3. Problemas lineares com solução naturalmente inteira.*
- 4. Algoritmos de enumeração.*
- 5. Desigualdades válidas e planos de corte.*
- 6. Resolução de problemas de grande dimensão.*

#### 3.2.5. Syllabus:

- 1. Introduction to Mixed Integer Linear Programming problems.*
- 2. Heuristics and relaxations.*
- 3. Poblems with integer LP relaxation.*
- 4. Enumeration Algorithms.*
- 5. Valid Inequalities and cutting planes.*
- 6. Large scale MILP.*

#### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:



*Os objectivos da unidade curricular consistem na aquisição dos conhecimentos e capacidade de aplicação dos conteúdos programáticos.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The objectives of the curricular unit are the acquisition of knowledge and implementation capacity of the topics in the syllabus.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico práticas, trabalho a desenvolver pelos alunos.*

*Avaliação: exame final, trabalhos.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures and practical work done by students.*

*Assessment: final exam, assignments.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As aulas teóricas são coerentes com o objectivo de aquisição de conhecimentos teóricos (formulação de problemas em Programação Linear Inteira e Mista; estruturas especiais; conhecimento de algumas das técnicas exactas e aproximadas mais usadas para resolver problemas de Programação Inteira).*

*As aulas teórico-práticas são coerentes com o objectivo de aquisição de conhecimentos teóricos, bem como da sua aplicação. Nestas aulas os alunos são apoiados na aplicação dos conhecimentos teóricos (formulação de problemas em Programação Linear Inteira e Mista; aplicação de algumas das técnicas exactas e aproximadas mais usadas para resolver problemas de Programação Inteira).*

*O trabalho é coerente com o objectivo de aplicação dos conhecimentos (formulação de problemas em Programação Linear Inteira e Mista, utilização de técnicas exactas e aproximadas para resolver problemas de Programação Inteira).*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The lectures are consistent with the purpose of acquiring theoretical knowledge (formulation of problems as Mixed Integer Linear Programs, knowledge of some exact and approximate techniques commonly used to solve Integer Programming). To be able to formulate problems as mixed integer linear programs, and identify special structures, ii) know some of the exact and approximate techniques.*

*The practical classes are consistent with the purpose of learning theory and applying it. In these classes students are asked to do exercises to apply the acquired theoretical knowledge (formulation of problems and Mixed Integer Linear Programming, application of some exact and approximate techniques commonly used to solve Integer Programming).*

*The practical work is consistent with the objective of application of knowledge (formulation of problems and Mixed Integer Linear Programming, use of exact and approximate techniques to solve Integer Programming).*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Integer Programming, Laurence A. Wolsey, Ed. Wiley-Interscience, 1998*

*Theory of Linear and Integer Programming, Alexander Schrijver, Ed. Wiley 1986*

*Integer and Combinatorial Optimization, George L. Nemhauser and Laurence A. Wolsey, Ed. Wiley-Interscience, 1988*

*Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Christos Papadimitriou and K. Steiglitz, Ed. Dover, 1998*

## **Mapa III - Modelação e Otimização Estocástica / Stochastic Modeling and Optimization**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Modelação e Otimização Estocástica / Stochastic Modeling and Optimization*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Francisco Alexandre Saldanha Gama Nunes Da Conceição (28h T + 14hTP)*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Introdução de diversos modelos estocásticos e de optimização estocástica com um elevado espectro de aplicabilidade ou que podem ser utilizados como ponto de partida para o desenvolvimento de modelos mais complexos e adequados*

*aos problemas que surgem na prática. Com esta disciplina, o aluno deverá ser capaz de identificar as situações práticas que suscitam a utilização dos modelos estudados e devem ser capazes de utilizar algumas técnicas elementares para o manuseamento desses modelos.*

### **3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Introduction of several applied stochastic optimization models or models that can be used as a starting point for more comprehensive models suggested by real world problems. This discipline should give to the students the necessary skills for identifying in practice the studied models and also to provide the students with elementary methodological skills for dealing with such models.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*1.Revisão de Cadeias de Markov.*

*2.Modelação com cadeias de Markov.*

*3.Introdução à decisão estatística*

*4. Teoria da Decisão*

*5. Processos de decisão Markovianos*

*6. Programação Estocástica*

### **3.2.5. Syllabus:**

*1. Revision of Markov Chains.*

*2. Modeling with Markov chains.*

*3. Introduction to statistical decision.*

*4. Decision theory.*

*5. Markov decision processes.*

*6. Stochastic programming.*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objectivo fundamental desta disciplina é o de transmitir aos alunos diversos métodos e ferramentas apropriados à tomada de decisão sob incerteza e, também, o de mostrar a interligação que existe entre as duas áreas envolvidas neste curso: estatística e Investigação operacional. Duas ferramentas cruciais para alcançar estes objectivos são a teoria da decisão e a programação estocástica as quais são introduzidas nos capítulos 3, 4, 5 e 6. As cadeias de Markov constituem um tema que é parte integrante destas ferramentas e são um pré-requisito fundamental para a compreensão de modelos e métodos mais complexos transmitidos nestes capítulos.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The fundamental objective of this discipline is to give mathematical methods and tools for decision under uncertainty, and to highlight the connectivity of two fundamental areas of this MSc programme, namely Statistics and Operational Research. Two important mathematical tools that are crucial in achieving these objectives are decision theory and stochastic programming which are given in chapters 3, 4 5 and 6. Markov chains are integral part of these tools and are prerequisite in understanding complex methods and models which are given in these chapters. Accordingly, a basic fundamental introduction to Markov chains in discrete and continuous time will be given in chapter 1.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*As metodologias de ensino serão adaptadas à tecnologia existente. A plataforma Moodle será usada na sua máxima extensão não só como meio privilegiado de comunicação com os alunos mas também como meio de avaliação. Os meios audiovisuais e computacionais disponíveis nos laboratórios do Departamento serão intensamente explorados.*

*Exame final.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Teaching methods will be adapted to the existing technologies. Platform Moodle will be used to its fullest extent in communication with, and for the evaluation of, the students. Audio-visual capacities of the departmental computer laboratories will be used to the fullest extend.*

*Exame final.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As aulas são dadas por forma a salientar a interdisciplinaridade entre a Estatística e a Investigação Operacional. A bibliografia foi escolhida de forma a dar aos estudantes alternativas de estudo consoante as suas proveniências e o*

*seu background. Apesar de nestas áreas os avanços teóricos nos últimos tempos não terem sido substanciais, tem havido desenvolvimentos impressionantes de um ponto de vista computacional nomeadamente em termos de software e mais concretamente, da plataforma R e de inúmeros pacotes disponíveis para os temas leccionados nesta disciplina. Este facto permitirá que esta disciplina seja muito voltada para a prática com a resolução de problemas utilizando software mas sem comprometer a sofisticação matemática que os temas abordados requerem.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The classes are given in order to emphasize the interdisciplinarity between Statistics and Operational Research. Bibliography is specifically chosen to give students good alternatives to suit their background knowledge. Although from a theoretical point of view, there have been modest advances in the theory of the proposed subjects, there has been great advances in their application in recent years, due to the free software R and innumerable packages freely available for the subjects of this course. This availability will permit this discipline to be practical-oriented, solving problems with the aid of computing power, without compromising the mathematical sophistication it deserves.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*S.I. Resnick (1992) Adventures in Stochastic Processes. Birkhauser*

*E. Parzen (1962) Stochastic Processes. Holden-Day.*

*F. S. Hillier and G. J. Lieberman (2010) Introduction to Operations Research, McGraw-Hill, 9th Edition.*

*J. Birge and F. Louveaux (1997) Introduction to Stochastic Programming, Springer*

*H.J. Tijms (2003) A first course in Stochastic models. Wiley.*

## Mapa III - Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional/Comp. Meth. for Stats & Oper. Res

### 3.2.1. Unidade curricular:

*Métodos Computacionais para Estatística e Investigação Operacional/Comp. Meth. for Stats & Oper. Res*

### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*António José Lopes Rodrigues (10.5h T + 10.5h PL)*

### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Patrícia Cortés de Zea Bermudez (10.5h T + 10.5h PL)*

### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Pretende-se habilitar os estudantes na utilização de MATLAB e R— duas linguagens de programação e ambientes de computação bastante comuns em aplicações científicas.*

*Pretende-se também complementar conhecimentos obtidos ou a obter noutras unidades curriculares, relativamente ao processamento de dados e à resolução de problemas, especialmente no âmbito da Estatística e da Investigação Operacional.*

### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*This course aims to qualify students in using MATLAB and R — these are programming languages and computing environments which are quite common in scientific applications.*

*This course also aims to complement the skills and knowledge provided by other courses concerning data processing and problem solving, especially within the scope of Statistics and Operational Research.*

### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Módulo 1: Linguagem MATLAB e aplicações*

- 1. Bases de MATLAB: operações com matrizes; I/O; instruções de controle; gráficos; scripts vs functions.*
- 2. Programação estruturada: fluxogramas; pseudo-código; estruturação de algoritmos.*
- 3. Geração de seqüências determinísticas e estocásticas. Métodos simples de estimação recursiva.*
- 4. Ajustamento de curvas; Algoritmo do simplex de Nelder-Mead.*
- 5. Resolução de problemas de afectação.*

*Módulo 2:*

*Parte I - Noções básicas de R*

*Generalidades; escalares, vectores e matrizes; operações e funções básicas; operações de input/output; gráficos; construção de funções; estruturas de controlo; bibliotecas pré-definidas.*

*Parte II - R em Estatística*

- 1. Métodos numéricos para determinar zeros de funções. Método de Newton-Raphson.*
- 2. Aproximação de integrais - regras do rectângulo, trapézio e Simpson.*
- 3. Simulação. Método da transformação uniformizante. Como usar dados simulados para fazer inferência estatística.*
- 4. Aproximação de integrais por Monte Carlo.*

**3.2.5. Syllabus:**

*Module 1: The MATLAB language and applications*

1. *Programming basics in MATLAB: matrix operations; I/O; flow control commands; graphics; scripts vs functions.*
2. *Structured programming: flow diagrams; pseudo-code; structuring of algorithms.*
3. *Generation of deterministic and stochastic sequences. Simple recursive estimation methods.*
4. *Curve fitting. Nelder-Mead simplex algorithm.*
5. *Approaches for solving assignment problems.*

*Module 2:*

*Part I - R Basics*

*General overview. Constants, arrays, matrices; operators and fundamental functions in R; input/output operations; graphics; building functions; control structures; pre-defined libraries*

*Part II - R in Statistics*

1. *Numerical methods for solving equations. Newton-Raphson's method.*
2. *Approximating integrals - the rectangle, the trapezoidal and Simpson's rules.*
3. *Simulation. The inverse method. How to use simulated data to make inferences.*
4. *Approximating integrals by Monte Carlo.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*MATLAB e R são linguagens de programação e ambientes de experimentação utilizados noutras disciplinas como apoio à aplicação prática de métodos matemáticos à resolução de problemas reais. Os conteúdos programáticos propostos permitem ao estudante aprender a programar nestas linguagens e a aplicá-las na resolução de algumas questões, que serão posteriormente a chave para a resolução de problemas práticos que o estudante irá enfrentar no seu percurso escolar e profissional. As questões abordadas permitem ainda cimentar e complementar conhecimentos adquiridos noutras disciplinas.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*MATLAB and R are programming languages and experimentation environments used in other disciplines to support for the practical application of mathematical methods to real-world problems. The proposed syllabus enables the students to learn the basics of those languages and apply them to key issues in solving practical problems that the student will likely encounter during the course and afterwards, in professional life. The problems discussed will serve, as well, to complement skills and knowledge provided by other curricular units.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas, trabalho a desenvolver pelos alunos.*

*Utilização intensiva dos pacotes de software (MATLAB e R), em sessões de demonstração, e para a realização de exercícios e trabalhos.*

*Exame escrito final.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures and practical work done by students.*

*Intensive usage of the software packages (MATLAB and R), both in demonstration sessions, and for coursework and assignments.*

*Final written exam.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino referidas correspondem directamente aos propósitos de desenvolvimento de competências nas duas linguagens, numa vertente bastante experimental.*

*As aulas tutoriais sobre os métodos e temas de aplicação em computação científica, os trabalhos propostos, e a avaliação por exame escrito destinam-se à aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais sobre esses temas.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The teaching methodologies mentioned above directly correspond to the purpose of enabling students to develop skills in both languages, following a very experimental approach.*

*The tutorial classes on the scientific computing methods and application topics, as well as the assignments proposed and the written exam aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on those topics.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Módulo 1:*

- *The Mathworks, Inc (2016), MATLAB Documentation — [www.mathworks.com/help/matlab](http://www.mathworks.com/help/matlab)*
- *Hahn, B.D. & Valentine, D.T. (2007), Essential MATLAB for Engineers and Scientists, 3rd Ed.. Elsevier.*
- *Venkataraman, V. (2009), Applied Optimization with MATLAB Programming, 2nd Ed.. Wiley.*
- *Pentico, D.W. (2007), Assignment problems: A golden anniversary survey. EJOR 176, 774-793.*

**Módulo 2:**

- *Dalgaard, P. (2002). Introductory Statistics with R. Springer.*
- *Crawley, M.J. (2007). The R Book. Wiley.*
- *Gentle, J. (2002). Elements of Computational Statistics. Springer.*
- *Jones, O., Maillardet, R. and Robinson, A. (2009). Introduction to Scientific Programming and Simulation Using R. Chapman and Hall / CRC Press.*
- *Monahan, J. (2001). Numerical Methods of Statistics. Cambridge University Press.*
- *Verzani J. (2005). Using R for Introductory Statistics. Chapman and Hall/CRC.*

**Mapa III - Análise Multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão / Multicriteria Analysis & Decis. Sup. Systems****3.2.1. Unidade curricular:**

*Análise Multicritério e Sistemas de Apoio à Decisão / Multicriteria Analysis & Decis. Sup. Systems*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo (14h T + 7h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*António José Lopes Rodrigues (14h T + 7h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):****1. Análise Multicritério**

*Pretende-se habilitar os alunos com conhecimentos metodológicos e técnicos que lhes permitam apoiar a tomada de decisões em organizações públicas ou privadas, na indústria e nos serviços, em problemas complexos onde é necessária a avaliação multicritério de alternativas.*

**2. Sistemas de Apoio à Decisão**

*Pretende-se habilitar os alunos com conhecimentos metodológicos e técnicos que lhes permitam apoiar a tomada de decisões em organizações públicas ou privadas, na indústria e nos serviços, em problemas complexos onde é necessário o recurso a sistemas de apoio à decisão.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):****1. Multicriteria Analysis**

*The objective of this course is to give the students the methodological and technical skills to make them able to correctly support decision making in public or private organizations, in the industry and services, in complex situations where a multicriteria evaluation of different alternatives is needed.*

**2. Decision Support Systems**

*The objective of this course is to give the students the methodological and technical skills to make them able to correctly support decision making in public or private organizations, in the industry and services, in complex situations where decision support systems are needed.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:****1. Análise Multicritério**

*Introdução aos Problemas de Programação Linear com Vários Objectivos.*

*Problemas de Optimização por Metas. Formulação e resolução.*

*Problemas de optimização vectorial linear. Formulação. Aplicações. Diferentes abordagens. Solução eficiente ou não-dominada. Cálculo de soluções eficientes.*

*Análise dos trade-off's. Problemas de decisão.*

*Classificação dos principais métodos de Programação Linear Multicritério - PLM.*

*Métodos interactivos em PLM. Características essenciais de uma base de métodos interactivos em PLM.*

**2. Sistemas de Apoio à Decisão**

*Introdução: Tipologia e arquitecturas de SAD; Conceitos básicos de Análise de Decisão.*

*Sistemas de representação: Escalas de medição; Representação da incerteza, utilidade, aversão ao risco.*

*Interfaces: Modelação gráfica; Elicitação gráfica; Visualização.*

*Áreas de aplicação: Decisão em Grupo; Simulação; Prospecção de Dados; Gestão de Stocks, etc.*

*Software especializado: Análise comparativa e experimentação.*

### **3.2.5. Syllabus:**

#### **1. Multicriteria Analysis**

*General introduction to Linear Programming problems with several objectives.*

*Goal Programming: Model and solution approaches.*

*Multiple Objective Linear Programming (MOLP): Model and applications. Different approaches.*

*Efficient or non-dominated solutions. Computation of efficient solutions.*

*Analysis of the trade-off's between the objectives. Decision problems.*

*Classification of different MOLP methods.*

*Interactive methods in MOLP.*

*Essential characteristics of an interactive MOLP method base.*

#### **2. Decision Support Systems**

*Introduction: Types and architectures of decision support systems. Basic concepts of Decision Analysis.*

*Representation systems: measurement scales; uncertainty representation, utility, risk aversion.*

*Interfaces: graphical modelling; graphical elicitation; visualization.*

*Application areas: Group decision-making; Simulation; Data Mining; Inventory Management, etc.*

*Specialized software: Comparative analysis and experimentation.*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os objectivos acima enunciados estão explicitamente divididos pelos dois grupos de conteúdos programáticos (módulos).*

*Os conteúdos programáticos são explorados quer de forma independente (geral), quer de forma dependente (específica) do potencial contexto organizacional de aplicação.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The objectives listed above are explicitly divided by the two thematic groups (modules) of the syllabus.*

*The syllabus topics are explored both in general terms, as well as referring to potential application organizational contexts.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas.*

*Uso de software em laboratório de computadores.*

*Avaliação:*

#### **1. Análise Multicritério**

*Exame final escrito cotado para 14 valores + trabalho obrigatório (com eventual discussão) cotado para 6 valores. Nota mínima em ambas as componentes (6 e 2.5). Possível exame oral. Peso na classificação da disciplina: 50%*

#### **2. Sistemas de Apoio à Decisão**

*Teste escrito e trabalhos, obrigatórios. Classificação mínima (teste e trabalhos): 40%. Peso na classificação da disciplina: 50%*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures, tutorial and lab.*

*Assessment:*

#### **1. Multicriteria Analysis**

*Final written examination (14) + compulsory assignment, eventually with oral presentation (6). Minimum grade in both (6 + 2.5). Possible oral examination oral. Weight in the course final grade: 50%.*

#### **2. Decision Support Systems**

*Final written examination and assignments, compulsory. Minimum grade (exam and assignments): 40%. Weight in the course final grade: 50%.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os objetivos acima enunciados estão explicitamente divididos pelos dois grupos de conteúdos programáticos. Trata-se de uma disciplina cuja natureza programática e objetivos recomendam a utilização de software pertinente, sem descurar a aquisição e demonstração de conhecimentos independentes do recurso a uso de computador. Esses requisitos estão obviamente satisfeitos.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus and objectives of this type of curricular unit require the usage of appropriate software while assuring the acquisition and demonstration of knowledge not involving any computer usage. These requirements are obviously met.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:****1. Análise Multicritério**

*Clímaco JN, C Henggeler Antunes, MJ Alves, Programação Linear Multiobjectivo – Do modelo de programação linear clássico à consideração explícita de várias funções objectivo, Imprensa da Universidade, Coimbra, 2003.*

*Eiselt HA; Pederzoli G & Sandblom C-L, Continuous Optimization Models, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1987.*

*Steuer RE; Multiple Criteria Optimization, John Wiley & Sons, New York, 1986.*

**2. Sistemas de Apoio à Decisão**

*JD Camm, JR Evans, Management Science & Decision Technology, Thomson Learning, 2000*

*RT Clemen, T Reilly, Making Hard Decisions with DecisionTools, 2nd ed., Duxbury Press, 2001.*

*P Goodwin, G Wright, Decision Analysis for Management Judgment, 3rd ed., John Wiley & Sons, 2004.*

*GH Marakas, Decision Support Systems In the 21st Century, 2nd ed., Prentice-Hall, 2003.*

*M Mora et al, Decision Making Support Systems, Idea Group, 2003.*

*E Turban et al, Decision Support and Business Intelligence Systems, 8th ed., Prentice-Hall, 2007.*

**Mapa III - Processos de Previsão e Decisão / Prediction and Decision Processes****3.2.1. Unidade curricular:**

*Processos de Previsão e Decisão / Prediction and Decision Processes*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*António José Lopes Rodrigues (28h T + 14h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Apresentar princípios e métodos básicos relevantes para a decisão económica e a monitorização ou controle de processos – em especial, regras de decisão óptima, baseadas em previsões, para resolução de problemas de aprovisionamento e de investimento; reforçar os aspectos de modelação e representação e de programação em computador; dar ênfase ao estudo de modelos estocásticos dinâmicos e acentuar a dualidade e complementaridade dos modelos preditivos e prescritivos.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*To present basic principles and methods relevant for economic decision-making or for the monitoring and control of processes — in particular, forecast-based optimal decision rules for solving inventory or investment problems; to reinforce the aspects related to modelling and representation and computer programming; to emphasize the study of dynamic stochastic models and the duality and complementarity of predictive and prescriptive models.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:****1. Processos e modelos preditivos vs prescritivos - conceitos básicos.**

*- Exemplos de problemas de análise de decisão, e de critérios de optimalidade.*

*- Tipologia e exemplos de séries temporais, modelos e métodos de previsão, e medidas de desempenho.*

**2. Previsão de séries temporais**

*- Alisamento exponencial simples. Aplicações. Previsão de processos de procura irregular.*

*- Variantes de AE. Métodos de estimação recursiva.*

- *Decisão óptima baseada em previsões.*

- *Modelos lineares e não lineares. Curvas de crescimento. Previsão Tecnológica.*

### 3. Problemas de decisão simples

- *Tabelas de decisão. Decisão sob risco.*

- *Modelo estocástico de período único (Problema do Ardina).*

- *Modelos estocásticos bi-período. Árvores de Decisão.*

### 4. Processos de decisão iterados

- *Regras de cooperação/competição. Dilema do Prisioneiro Iterado.*

- *Regras de controlo: revisão periódica vs. revisão contínua.*

- *Processos markovianos. Processos de decisão markovianos. Programação dinâmica estocástica.*

### 3.2.5. Syllabus:

#### 1. Introduction

- *Predictive vs prescriptive processes and models - basic concepts.*

- *Examples of decision analysis problems, and of optimality criteria.*

- *Types and examples of time series, forecasting models and methods, and performance measures.*

#### 2. Time series forecasting

- *Simple exponential smoothing. Applications. Forecasting of irregular demand processes.*

- *Other exponential smoothing methods. Recursive estimation methods.*

- *Forecast-based optimal decision-making.*

- *Linear and nonlinear models. Growth curves. Technological Forecasting.*

#### 3. Single-stage decision problems

- *Decision tables. Decision under risk.*

- *Single-period stochastic model (newsvendor problem).*

- *Two-period stochastic models. Decision trees.*

#### 4. Iterated decision problems

- *Cooperation/competition rules. The Iterated Prisoners Dilemma problem.*

- *Control rules: periodic review vs. continuous review.*

- *Markov processes. Markov decision processes. Stochastic dynamic programming.*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Todos os tópicos do programa destinam-se a, conforme os objetivos enunciados, apresentar princípios e métodos básicos relevantes para a decisão económica e a monitorização ou controlo de processos, reforçando os aspectos de modelação e representação e de programação em computador, dando ênfase ao estudo de modelos estocásticos dinâmicos e acentuando a dualidade e complementaridade dos modelos preditivos e prescritivos.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*All of the syllabus topics aim at, according to the objectives indicated, present the basic principles and methods relevant for economic decision-making or for the monitoring and control of processes, reinforcing the aspects related to modelling and representation and computer programming, and emphasizing the study of dynamic stochastic models and the duality and complementarity of predictive and prescriptive models.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas e teórico-práticas, com coordenação e interligação total entre elas.*

*Exame escrito obrigatório, e exercícios (trabalhos) para avaliação complementar opcionais.*



**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Regular (“theoretical”) lectures, as well as practical classes, with full coordination and interaction between them.*

*Final written examination (compulsory); optional homework assignments (more demanding exercises), for complementary evaluation and grading.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino e as componentes da avaliação, incluindo os trabalhos, visam a aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais nos tópicos da unidade curricular por forma a cumprir os objectivos enunciados.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit’s intended learning outcomes:**

*The teaching methodologies and the evaluation components, including the home assignments, aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on the unit topics towards meeting the objectives indicated.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

- A.J. Rodrigues, *Processos de Previsão e Decisão (apontamentos de apoio)*. DEIO–FCUL, 2010.

- F.S. Hillier & G.J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*, 9th ed.. McGraw-Hill, 2010.

- H.A. Taha, *Operations Research: An Introduction*, 8th ed. Prentice Hall, 2006.

- W.L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms*, 4th ed. Duxbury, 2004.

- S. Makridakis, S. Wheelwright, R. Hyndman, *Forecasting: Methods and Applications*, 3rd ed., Wiley, 1998.

- K.T. Marshall, R.M. Oliver, *Decision Making and Forecasting*, McGraw-Hill, 1995.

**Mapa III - Logística / Logistics****3.2.1. Unidade curricular:**

*Logística / Logistics*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Maria Duarte Silva Alves Paias (9.52h T+ 4.76h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Luís Eduardo Neves Gouveia (9.24h T + 4.62h TP)*

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo (9.24h T + 4.62h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se que os alunos tenham uma visão geral da logística e do seu papel nas organizações.*

*Que dominem e saibam aplicar modelos e técnicas de Investigação operacional para resolver problemas de Logística.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The objective is that students get a general overview of logistics and its role inside the organizations and also that they are able to use operations research models and techniques to solve logistic problems.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*1. Introdução à Logística*

*2. Gestão de stocks*

*3. Localização de Equipamentos*

*4. Problemas de Distribuição*

*5. Escalonamento de Pessoal*

**3.2.5. Syllabus:**

*1. Introduction to Logistics*

*2. Inventory Models*

### 3. Location Problems

#### 4. Distribution Problems

#### 5. Staff scheduling

#### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*No primeiro capítulo pretende-se dar uma visão abrangente da logística ilustrando-se o seu papel nas empresas e da sua influência a vários níveis de decisão. Desta forma o aluno toma consciência do que pode ser alcançado em termos de eficiência (traduzida por exemplo em minimização de custos), com um melhor planeamento e gestão de um sistema logístico. Nos capítulos seguintes pretende-se abordar problemas específicos que tipicamente surgem no âmbito da logística. Para cada um deles estudam-se modelos matemáticos que permitem resolvê-los destacando as suas vantagens e desvantagens.*

#### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*In the first topic the main aim is to give a general view of logistics and its role in the organizations as well as its impact at several decision levels. This way, students realize the impact in efficiency resulting from better planning and management in logistic systems. In the following topics several problems arising in the area of logistics are presented as well as models, for each case, to solve them. Advantages and disadvantages of the given models will be discussed.*

#### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*A disciplina é leccionada por módulos. Em todos os módulos, os conceitos, modelos e técnicas são apresentados nas aulas teóricas e nas aulas teórico práticas são propostos vários exercícios para os alunos resolverem.*

*Os alunos serão avaliados por trabalhos.*

#### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The course is lectured by modules. In each one, the concepts, models and techniques are presented in the lectures while in tutorials the students should solve selected exercises, which complement and help to consolidate theoretical subjects.*

*Students are evaluated by working projects.*

#### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os modelos e técnicas apresentados nas aulas teóricas conjugados com os exercícios propostos nas aulas teórico-práticas permitem aos alunos modelar e resolver problemas semelhantes que surjam no âmbito da logística.*

*De forma a avaliar se os alunos desenvolveram as competências pretendidas, é-lhes dado um trabalho onde terão que abordar problemas baseados em situações reais.*

#### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The models and techniques presented in the theoretical lessons together with the exercises given in the practical lessons give the students the knowledge to model and solve similar problems arising in the area of logistics.*

*Problems based on real applications are given in the research project in order to evaluate whether the students have acquired the required skills.*

#### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Beasley J, "Lagrangian Heuristics for Location Problems", European Journal on Operational Research 65,1993*

*Bramel J, Simchi-Levi. "The Logic of Logistics.Theory, Algorithms, and Applications for Logistics Management." Springer Series in Operations Research. Springer,1997*

*Cornuejols G, Fisher M, Nemhauser G, "Location of Bank Accounts to Optimize Float:An Analytic Study of Exact and Approximate Algorithms", Management Science 23(8), 1977*

*Ernst A, Jiang H, Krishnamoorthy M, Nott H, Sier D, "Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models". European Journal of Operational Research 153, 2004*

*Gavish B, Graves S: The traveling salesman problem and related problems, Graduate School of Management, University of Rochester, 1979*

*Mirchandani PB, Francis RL (eds), "Discrete Location Theory", John Wiley & Sons, 1990*

*Toth P, Vigo D: An overview of vehicle routing problems.In Toth, P., Vigo, D. (Eds.):The Vehicle Routing Problem. SIAM, 2000*

**Mapa III - Redes e Telecomunicações / Networks and Telecommunications****3.2.1. Unidade curricular:**

*Redes e Telecomunicações / Networks and Telecommunications*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Pedro Martins Pereira Serrão De Moura (28h T + 14h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se que os alunos tenham uma visão geral de problemas de desenho, dimensionamento e de engenharia de tráfego no âmbito das redes de telecomunicações. Pretende-se também que os alunos dominem e saibam modelar problemas usando modelos adequados de Programação Linear Inteira.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The objective is that students get a general overview of network design, network dimensioning, traffic engineering arising in the context of telecommunication networks.*

*It is also intended that students master and know how to model problems using appropriate Integer Linear Programming models.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- 1. Introdução às Redes de Telecomunicações.*
- 2. Problema de Desenho de Redes com Custos Fixos e sem Capacidades.*
- 3. Problema de Dimensionamento de Redes com Custos Fixos e Capacidades.*
- 4. Problema de Dimensionamento de Redes com Custos Modulares (com/sem capacidades).*
- 5. Problema de Desenho de Redes com Percursos Disjuntos.*
- 6. Problemas de Engenharia de Tráfego de Redes de Telecomunicações.*
- 7. Problema de Desenho de Redes com Restrições de Salto.*

**3.2.5. Syllabus:**

- 1. Introduction to Telecommunications Networks.*
- 2. Network Design Problem with Fixed Costs and without capacities.*
- 3. Dimensioning Networks Problem with Fixed Costs and capacities.*
- 4. Dimensioning Networks Problem with Modular Costs (with/without capacities).*
- 5. Network Design Problem with disjoint paths.*
- 6. Traffic Engineering Problems in Telecommunication Networks.*
- 7. Network Design Problem with Hop constraints.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O programa dá uma ideia abrangente de diversas problemas que surgem no desenho de redes de telecomunicações.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The program gives a comprehensive view of various problems that arise in the design of telecommunications networks.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas Teóricas e Teórico-práticas.*

*Um trabalho de avaliação final que consiste na formulação de um ou mais problemas e na sua resolução através de técnicas de Programação Linear Inteira. Pretende-se também que o trabalho envolva a análise de diversos cenários.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Theoretical and Theoretical-practical classes.*

*A final evaluation project that consists in formulating one or more problems and solve them through Integer Linear Programming techniques. It is intended that the work involves the analysis of various scenarios.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As aulas teóricas e teórico-práticas em conjunto com os exercícios propostos devem permitir que os alunos pratiquem a utilização das técnicas apreendidas.*

*Um trabalho de avaliação final permite avaliar as competências adquiridas pelos alunos.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Theoretical and Theoretical-practical classes together with the proposed exercises must allow students to practice using the techniques learned.*

*A final evaluation work will assess the skills acquired by students.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Gouveia, L., Moura, P., Patrício, P. e Sousa, A. Modelação e Resolução de Problemas de Otimização em Redes de Telecomunicações, 2011*

**Mapa III - Técnicas Heurísticas / Heuristic Techniques**

**3.2.1. Unidade curricular:**

*Técnicas Heurísticas / Heuristic Techniques*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Luis Eduardo Neves Gouveia (9.52h T + 4.76h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Ana Maria Duarte Silva Alves Paias (9.24h T + 4.62h TP)*

*Francisco Alexandre Saldanha Gama Nunes Da Conceição (9.24h T + 4.62h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Ensinar diferentes técnicas para obter (boas) soluções admissíveis para problemas combinatórios e mostrar como seleccionar a mais adequada na presença de um determinado problema.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The aim of the discipline is to teach different techniques for obtaining feasible solutions for combinatorial problems, and show how to select the best heuristic technique for a specific situation.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Introdução. Conceito de Heurística. Análise de heurísticas.*

*Heurísticas para o Problema do Caixeiro Viajante (como exemplo de vários temas):*

*Heurísticas de Melhoria. Noção de Vizinhança. Vizinhanças Exponenciais de Pesquisa Polinomial.*

*Simulated Annealing*

*Introdução – breve perspectiva histórica; Procedimento básico de simulated annealing; Decisões genéricas; Decisões específicas; Exemplos. Afições; Melhoramentos e modificações.*

*Algoritmos Genéticos*

*Introdução, definições e conceitos básicos. Algoritmo genético convencional. Operadores básicos. Estudo da convergência de um algoritmo genético. Representação e codificação das soluções. Exemplos de aplicação*

*Tabu Search*

*Introdução – breve perspectiva histórica, Conceito de Metaheurística; Procedimento básico; Variantes. Exemplos. Melhoramentos e modificações.*

*Bibliotecas e Softwares de Otimização.*

*Introdução – breve perspectiva histórica;*

*Uma perspectiva unificadora.*

### **3.2.5. Syllabus:**

*Introduction. The concept of heuristic.*

*Analysis of Heuristics:*

*Heuristics for the TSP (as an example of several topics):*

*Improving Heuristics: Neighborhood Structures.*

*Polynomial Searched Exponential Sized Neighborhoods*

*Simulated Annealing: Introduction, basic procedure, generic decisions, specific decision, tuning and improvements in the basic procedure.*

*Genetic Algorithms-GA*

*Introduction. Reproduction, Crossover, Mutation, Fitness function. The structure of a basic GA. Examples. Convergence of a GA. Solution codification and representation. Examples*

*Tabu Search*

*Introduction and historical perspective. Concept of Metaheuristic. Basic Procedure. Variants. Examples. Improvements and modifications.*

*Libraries and optimization softwares*

*Introduction. Basic Procedure.*

*A unifying Approach*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O objectivo da unidade curricular é ensinar diferentes técnicas para obter (boas) soluções admissíveis para problemas combinatórios e mostrar como seleccionar a mais adequada na presença de um determinado problema.*

*Nesse sentido apresenta-se uma série de heurísticas com um aumento gradual de complexidade e de sofisticação e ilustrando diferentes técnicas de pesquisa no espaço de soluções.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The aim of the discipline is to teach different techniques for obtaining feasible solutions for combinatorial problems. At the same time, we want to teach how to select the best heuristic technique for a specific situation.*

*Thus, we present several heuristic techniques with increasing complexity and illustrating different space search techniques, in each case, illustrating its advantages and disadvantages.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas.*

*Os alunos são avaliados por um trabalho que engloba todas as componentes.*

*O trabalho consiste na aplicação dos métodos a um problema específico*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Theoretical and Practical/Theoretical Classes.*

*Assessment is through a practical assignment that includes all the subjects lectured.*

*The assignment consists in showing how to use the methods to solve a specific problem.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O ensino inclui a apresentação de um problema típico, seguido de diferentes heurísticas para esse problema. Em cada caso, mostra-se como aplicar a heurística para instâncias desse problema, para ilustrar vantagens e desvantagens da mesma.*

*Este estudo é, dentro do possível complementado com uma possível implementação e teste da mesma heurística. Em cada caso, avalia-se o que se ganha o que se perde com a aplicação das diferentes heurísticas.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The teaching includes the presentation of a typical problem together with different heuristics for solving it. For each heuristic, we show how to use it for several instances of the problem in order to illustrate its advantages and disadvantages.*

*The study is complemented with implementation and empirical testing of the heuristic.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Davis, L. (1996). A Genetic Algorithms Tutorial. In L. Davis (Ed), Handbook of Genetic Algorithms, pp 1-101. International Thomson Computer Press;*  
*Duin, C. and Voß, S. (1999) The pilot method. Networks 34, 181-191.*  
*Goldberg, D. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning. Addison Wesley, Reading, MA;*  
*Lawler, E., Lenstra, J., Rinnooy Kan, A., and Shmoys, D., "The Traveling Salesman Problem: Capítulos 5 e 7.*  
*Michalewicz, Z. and Fogel, D. (2000). How to solve it: Modern heuristics. Springer – Verlag;*  
*Michalewicz, Z. (1992). Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. Springer – Verlag;*  
*Orlin, J., "Very Large Scale Neighborhood Search" (slides).*  
*Osman, I. H. (1996). Meta-Heuristics: Theory & Applications. I. H. Osman and J. P. Kelly (eds.), Kluwer Academic Publishers;*  
*Reeves, C. (1993). Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems, pp 151-196. Oxford:Blackwell;*

## Mapa III - Ciências e Sistemas de Informação Geográfica / Geographic Information Systems and Science

### 3.2.1. Unidade curricular:

*Ciências e Sistemas de Informação Geográfica / Geographic Information Systems and Science*

### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Cristina Maria Sousa Catita (28h T + 56h PL - 2 turmas PL)*

### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Na unidade curricular (UC) de Ciências e Sistemas de Informação Geográfica (CSIG) pretende-se que os alunos adquiram fundamentos básicos para:*

- . desenvolver e dominar as técnicas e as metodologias de aquisição e representação de informação espacial georreferenciada;*
- . dominar os processos e ferramentas utilizados para a modelação, armazenamento, gestão e acesso da informação georreferenciada;*
- . aplicar e desenvolver estratégias e metodologias para exploração da informação e extracção do conhecimento adequados à análise de fenómenos geoespaciais;*

### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The main objective of this course (UC) is to provide an introduction to the fundamental concepts of Geographic Information Science, in terms of understanding spatial data, and how to analyze and display it using a GIS System; The course focuses on laboratory exercises with the goal of giving students hands on experience in using GIS technology;*

### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Na UC de CSIG os alunos aprendem os conceitos básicos relacionados com a aquisição, representação e a análise de informação geográfica representada por diferentes estruturas de dados (vectorial e raster). A UC tem uma forte componente prática na qual os alunos são incentivados a demonstrar os seus conhecimentos usando ferramentas computacionais Comerciais e Gratuitas de Código Aberto de SIG onde preferencialmente devem executar os exercícios de laboratório. A realização de um projecto final para a resolução de um problema de natureza geográfica reforça as competências dos estudantes nesta área.*

### 3.2.5. Syllabus:

*In the course of Science and Geographic Information Systems (SGIS) students learn the basic concepts related to the acquisition, representation and analysis of geographic information represented with different geometric structures (vector and raster). The course has a strong practical component in which students are encouraged to demonstrate their knowledge using appropriate GIS software (Commercial and Free and Open Source) which preferably should be used to perform the lab exercises. The final GIS project improves students' skills in this area.*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os conteúdos programáticos da unidade curricular são organizados sequencialmente de forma a permitir ao aluno adquirir os conceitos teóricos e subjacentes à aquisição, representação e análise da informação geográfica. Combinando esta componente com a prática laboratorial, o aluno adquire os conhecimentos técnicos necessários para a implementação e resolução de problemas práticos de natureza geográfica, explorando as tecnologias (software e*

*hardware) disponíveis para a sua concretização, cumprindo desta forma os objectivos propostos para a aprendizagem da Ciência e dos Sistemas de Informação Geográfica.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The topics of this course are sequentially arranged to allow the students acquire the theoretical aspects of acquisition, representation and analysis of geographic information. Combining this component with laboratory exercises, the students acquire the necessary knowledge for the implementation of practical problems of geographic nature. In addition, the exploration of GIS technologies (software and hardware) available for its implementation fulfilling the goals of the course.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*A metodologia de ensino baseia-se na transmissão do conhecimento das várias temáticas abordadas (ensino teórico) sempre associada à apresentação de casos práticos de aplicação (ensino prático) e à realização de um projecto final individual que abarque as várias fases de um projecto SIG no seu todo, com apresentação pública e discussão oral dos resultados desse projecto.*

*A avaliação da UC baseia-se nos seguintes elementos:*

- 1. Exame final teórico - 50%*
- 2. Projecto final prático (individual) - 50%*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*The methodology applied is based on a transmission of theoretical knowledge associated to the study of practical case studies. In addition, the practical project (individual) reinforce the practical nature of this course. To provide experience to the students, the final project has public presentation and public discussion.*

*This UC has 2 elements of evaluation:*

- 1. Theoretical exam - 50%*
- 2. Practical project (individual)- 50%*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino são coerentes com os objectivos da unidade curricular, na medida em que procuram conjugar os conceitos teóricos subjacentes à representação e análise da informação geográfica com as tecnologias disponíveis para a sua concretização. Em particular, a forte formação laboratorial desta unidade curricular permite ao aluno adquirir o conhecimento técnico necessário para a implementação e resolução de problemas práticos de natureza geográfica.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Teaching methodologies are consistent with the objectives of the course, since they seek to combine the theoretical concepts underlying the representation and analysis of geographic information with the technologies available to achieve them. In particular, the strong laboratory training of this course allows students to acquire the technical knowledge necessary to implement and to solve practical problems of a geographical nature.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

- 1. Burroughs, P.P. e McDonnel, R.A. 1998, Principles of GIS, Oxford University Press, pp. 299*
- 2. David J. Maguire, Michael F Goodchild e David W Rhind ;Geographical Information Systems and Science., Wiley, 2005*
- 3. Longley et al. (2001) : Geographical Information Systems and Science, John Wiley & Sons, LTD*
- 4. Matos, J.L. (2001) : Fundamentos da Informação Geográfica, Lidel.*

## **Mapa III - Dissertação/Estágio/Projeto (IO) // Dissertation / Internship / Project (OR)**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Dissertação/Estágio/Projeto (IO) // Dissertation / Internship / Project (OR)*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Vários docentes envolvidos*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Mostrar que o estudante sabe aplicar os seus conhecimentos na resolução de problemas em situações novas e não familiares, em contextos alargados e multidisciplinares, ainda que relacionados com a área de Investigação Operacional, consegue desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, e é capaz de comunicar as suas conclusões, e os conhecimentos e raciocínios a elas subjacentes, de forma clara.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Show that the student knows how to apply his/her knowledge to solve problems in new and unfamiliar situations, in broad contexts and disciplines, although related to the field of Operational Research, can develop solutions or make judgments in situations of limited or incomplete information, and is able to communicate his/her conclusions, and the knowledge and reasoning underlying them clearly.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Não aplicável*

**3.2.5. Syllabus:**

*Not applicable*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Não aplicável*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Not applicable*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Não aplicável*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Not applicable*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Não aplicável*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Not applicable*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Específica para cada aluno.*

**Mapa III - Dissertação/Estágio/Projeto (EIO) // Dissertation / Internship / Project (SOR)****3.2.1. Unidade curricular:**

*Dissertação/Estágio/Projeto (EIO) // Dissertation / Internship / Project (SOR)*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Eugénia Vasconcelos Captivo*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Vários docentes envolvidos*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Mostrar que o estudante sabe aplicar os seus conhecimentos na resolução de problemas em situações novas e não familiares, em contextos alargados e multidisciplinares, ainda que relacionados com a área de Estatística e Investigação Operacional, consegue desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, e é capaz de comunicar as suas conclusões, e os conhecimentos e raciocínios a elas subjacentes, de forma clara.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Show that the student knows how to apply his/her knowledge to solve problems in new and unfamiliar situations, in broad contexts and disciplines, although related to the field of Statistics and Operational Research, can develop solutions or make judgments in situations of limited or incomplete information, and is able to communicate his/her conclusions, and the knowledge and reasoning underlying them clearly.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Não aplicável*



**3.2.5. Syllabus:***Not applicable***3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Não aplicável***3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***Not applicable***3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):***Não aplicável***3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):***Not applicable***3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:***Não aplicável***3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:***Not applicable***3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:***Específica para cada aluno.***Mapa III - Introdução às Bases de Dados / Introduction to Databases****3.2.1. Unidade curricular:***Introdução às Bases de Dados / Introduction to Databases***3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***André Osório e Cruz de Azerêdo Falcão (28h T + 21h TP)***3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:***<sem resposta>***3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Conhecer os fundamentos dos sistemas de gestão de bases de dados, por forma a desenvolver e gerir base de dados relacionais do mundo real.***3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):***Know the principles of relational database management systems, in order to develop and manage a real-world relational databases.***3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- *Introdução aos Sistemas de Gestão Base de Dados*
- *Modelação conceptual de base de dados*
- *Modelação lógica de base de dados*
- *Interrogações aos SGBD*
- *Desenvolvimento de Aplicações com bases de dados*

**3.2.5. Syllabus:**

- *Overview of DataBase Managment Systems*
- *Conceptual Database Design*
- *Logical Database Design*
- *DBMS queries*

- *Database Application Development*
- *Overview of Transaction Management*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*Os conteúdos programáticos indicados são os que se consideram determinantes para que os alunos aprendam os conceitos para desenvolverem e gerirem bases de dados relacionais do mundo real.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The syllabus includes topics considered crucial for students to be able to develop and manage a real-world relational databases.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**  
*Métodos expositivo, demonstrativo e activo-participativo.*

*Exame e Projecto*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**  
*Expositive, demonstrative, and active-participative methods*

*Exam and Project*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**  
*As metodologias de ensino estão alinhadas com os objectivos na medida em que o estão inúmeras versões da disciplina leccionadas nas mais variadas universidades do mundo. Podem também suportar-se na evidência de sucesso avaliada em edições anteriores da disciplina.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**  
*The adopted teaching methodologies are aligned with the course objectives in coherence with the innumerous versions of courses on the same topic that are taught throughout the world. Moreover, the evidence of previous editions of the course and the knowledge acquired by students and assessed a posteriori indicates that the alignment is consistent.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**  
*Database Management Systems, Raghu Ramakrishnan, Third Edition, McGraw-Hill, 2003*

### Mapa III - Programação Por Objetos / Object Oriented Programming

**3.2.1. Unidade curricular:**  
*Programação Por Objetos / Object Oriented Programming*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Thibault Nicolas Langlois (28h T + 21h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**  
*Pretende-se que o aluno adquira os conceitos e as técnicas fundamentais da programação centrada em objectos, com ênfase na abstracção em classes, herança, polimorfismo e excepções; pretende-se igualmente que o aluno aprenda a manusear a linguagem de programação Java.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**  
*Students should acquire the concepts and fundamental techniques of object-oriented programming, with emphasis on abstract classes, inheritance, polymorphism and exceptions. It is also intended that students learn to handle the Java programming language.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- *Noção de classe e objecto no paradigma orientado-a-objectos, instanciados na linguagem de programação Java.*
- *Herança de tipos, polimorfismo, excepções, e tipos genéricos.*
- *Introdução à modelação e desenho de classes usando UML.*

- *Desenho por contracto: noções de pré-condição, pós-condição e invariante de classe. Herança de classes e o princípio de substituição de Liskov.*

*Introdução à linguagem de contractos JML para Java.*

- *Uso de componentes da Java API: "collections framework", input/output, reflexão, serialização.*

### 3.2.5. Syllabus:

- *Notions of class and object in the object-oriented paradigm, instantiated in the Java programming language.*

- *Type inheritance, polymorphism, exception handling, and generic types.*

- *Introduction to class modeling and design using UML.*

- *Design by contract: basic notions of pre and post-conditions and class invariants.*

*Type inheritance and the Leskov substitution principle.*

*Introduction to the JML contract language for Java.*

- *Use of standard components in the Java API: collections framework, input/output, reflection, and serialization.*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A linguagem Java permitirá de início ilustrar os vários aspectos nucleares do paradigma orientado-a-objects. Este conteúdo inicial da unidade curricular permitirá abordar os restantes aspectos fundamentais como a modelação e design de classes, o desenho por contracto, e o uso de componente standard em livrarias de código orientado-a-objects.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The Java language will first illustrate the various core aspects of the object-oriented paradigm. Afterwards, other fundamental aspects such as class modeling and design, design-by-contract, and the use of standard components in object-oriented libraries.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas de exposição da matéria e aulas teórico-práticas de resolução de exercícios em ambiente de laboratório.*

\* *Trabalhos práticos de programação: 6 valores*

\* *Exame final: 14 valores*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Lectures and practical exercises in a computer laboratory environment.*

\* *Programming projects: 6 points*

\* *Final exam: 14 points*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A realização de trabalhos práticos de programação permitirão acompanhar e avaliar de forma contínua o progresso dos alunos, antes do exame final. Pretende-se desta forma uma avaliar parcialmente as componentes teóricas e práticas, evitando que os alunos se preparem apenas para o exame final com pouca antecedência.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The software projects will allow the continuous assessment of the progress of students throughout the semester, before the final exam. The aim is to partially evaluate the theoretical and practical aspects of the course, to avoid a hasty preparation for the final exam by the students.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*The JAVA Programming Language, 4th edition, K. Arnold, J.Gosling, and D.Holmes, Addison-Wesley 2005, ISBN 0-321-34980-6.*

*Programação, Algoritmos e Estruturas de Dados, 2ed. João Pedro Neto. Escolar Editora 2008, ISBN 9725922163.*

## Mapa III - Tecnologia de Bases de Dados / Database Technology

### 3.2.1. Unidade curricular:

*Tecnologia de Bases de Dados / Database Technology*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*Francisco José Moreira Couto (28h T + 21h TP)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**  
*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Apresentar os conceitos e tecnologias que constituem as fundações dos sistemas de gestão de bases de dados (SGBDs), com ênfase nos SGBDs relacionais. Os SGBDs são dos sistemas mais complexos e abrangentes da Informática, sendo muitas das suas técnicas largamente empregues no desenvolvimento de muitos outros sistemas e aplicações. Ao fazer uma dissecação dos SGBDs modernos, a disciplina ilustra o seu funcionamento à luz das noções adquiridas nas disciplinas fundamentais da formação em Informática, desde a lógica e algoritmos, aos sistemas operativos e engenharia da programação.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The database technology course presents the core concepts and technologies of database management systems (DBMSs), with emphasis on relational DBMSs. DBMSs are one of the most complex types of systems and employ many of the basic concepts in computer science. Many of the used techniques and solutions are prevalent in the development of many other systems and computer applications. The course dissects the innings of a database engine and illustrates its functioning by applying many of the essential notions from the fundamental courses in Informatics, from logic and algorithms to operating systems and software engineering.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Componentes de um sistema de gestão de bases de dados. Organização física de dados e métodos de acesso. Processamento de interrogações, realização de operadores relacionais, e afinação de desempenho. Gestão de transações. Controlo de concorrência e recuperação de faltas. Segurança de informação em bases de dados relacionais. Bases de dados paralelas e distribuídas.*

**3.2.5. Syllabus:**

*Components of a database management system. Physical data organisation and access methods. Query processing, evaluation of relational operators, and performance tuning. Transaction management. Concurrency control and crash recovery. Information security in relational databases. Parallel and distributed databases.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos indicados são os que se consideram determinantes para que os estudantes aprendam os conceitos e tecnologias que constituem as fundações dos sistemas de gestão de bases de dados (SGBDs), com ênfase nos SGBDs relacionais.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus given are those that are considered crucial for the students to be able to learn concepts and technologies of database management systems (DBMSs), with emphasis on relational DBMSs.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Um sistema de gestão de base de dados é dissecado nas aulas teóricas ao longo do semestre. Nas aulas práticas e de laboratório, os alunos desenvolvem e afinam um sistema de informação e demonstram a carga máxima de pedidos que este é capaz de suportar.*

*Existem dois métodos de avaliação: a) projeto (35%), 2 testes durante as aulas (27,5% + 27,5%), e participação nas aulas (10%); ou b) projeto (35%), exame (55%), e participação (10%). O projeto é avaliado em quatro etapas distintas durante o semestre. Os alunos com estatuto de trabalhador-estudante podem substituir a participação nas aulas por respostas a questões semanais.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*A database management system is dissected in the lectures throughout the semester. In the practical and laboratory classes, students develop and tune an information system and demonstrate the maximum workload it is capable of handling.*

*There are two evaluation methods: a) project (35%), 2 midterm tests (27,5% + 27,5%), and class participation (10%); or b) project (35%), final exam (55%), and class participation (10%). The project is evaluated in four distinct stages over the semester. Students who are also workers can replace class participation with answers to weekly questions.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A dissecação das componentes de um SGBD moderno efetuada nas aulas teóricas é acompanhada de exemplos concretos baseados no SGBD que os alunos utilizam nos laboratórios. A boa aplicação de conceitos teóricos e teóricopráticos no projeto semestral de desenvolvimento e afinação de um sistema de informação permite obter maior eficiência computacional, que é valorizada pelo mercado de trabalho.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The theoretical dissection of the components of a modern DBMS is accompanied by concrete examples from the DBMS that students use in laboratories. A good application of theoretical and practical concepts to the development and tuning of an information system, which takes place during the entire semester, allows for greater computational efficiency, which is valued by the labor market.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Ramkrishnan, R., & Gehrke, J. (2003). Database management systems (3rd ed.). Boston: McGraw-Hill.  
 Feuerstein, S. (2009). Oracle PL/SQL programming (5th ed.). Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates.  
 Gray, J., & Reuter, A. (1993). Transaction processing: Concepts and techniques. San Mateo, Calif.: Morgan Kaufmann.*

**Mapa III - Teoria dos Jogos / Game Theory****3.2.1. Unidade curricular:**

*Teoria dos Jogos / Game Theory*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*João Miguel Paixão Telhada (28h T + 14h TP) - Não ativa em 2016/17*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Introduzir a teoria dos jogos como ferramenta modeladora de cenários multi-agente em competição. Compreender a amplitude ao nível das aplicações deste tipo de ferramenta. Detectar situações reais onde potencialmente seja útil uma modelação multi-agente.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*To introduce game theory as a tool for modeling scenarios with multiple agents in competition. To understand the scope of these tools regarding real life applications. To detect real life situations where potentially a multi-agent modeling approach might be useful.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- 1.Introdução*
- 2.Jogos de soma nula*
- 3.Jogos estáticos de soma não nula*
- 4.Jogos com conjuntos contínuos de estratégias*
- 5.Jogos dinâmicos com informação completa*
- 6.Evolução*
- 7.Jogos dinâmicos com informação incompleta*
- 8.Jogos cooperativos*

**3.2.5. Syllabus:**

- 1.Introduction*
- 2.Zero sum games*
- 3.General sum games*
- 4.Games with continuous strategy sets*
- 5.Dynamic games with complete information*
- 6.Evolution*
- 7.Dynamic games with incomplete information*
- 8.Cooperative games*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*A modelação de cenários multi-agente através de Teoria dos Jogos revela-se uma abordagem prescritiva de grande utilidade no contexto empresarial e em outros sistemas complexos. Nesse contexto, torna-se relevante apresentar diferentes perspectivas dessa modelação, tais como a soma do jogo, a estrutura dos conjuntos de estratégias ou o nível de informação dos jogadores. Por outro lado, a posição dos jogadores em termos da cooperação entre si é igualmente determinante para a forma como se trata a situação do ponto de vista dos modelos. Em consequência destas observações, o programa inclui, por um lado, um tópico vasto sobre jogos de soma nula, uma vez que se trata daquele para o qual existe mais desenvolvimento e, também, por constituir o paradigma fundamental dos cenários não cooperativos. Esse tópico é depois generalizado para os casos de soma não nula. A inclusão de jogos com conjuntos contínuos de estratégias permite mostrar a aproximação destas ferramentas modeladoras aos cenários mais típicos da microeconomia, tais como a teoria do consumidor e da relação entre oferta e preço. Os jogos dinâmicos incorporam em si outro tópico relevante da Teoria dos Jogos e a sua abordagem, apesar de ser transversal, mostra a importância que tem para abordar sistemas complexos iterativos. Por fim, a teoria dos jogos cooperativos é um tema*

*da maior importância, sob o ponto de vista da forma como trata a divisão e alocação de recursos financeiros em cenários multi-agente.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*Modeling multi-agent scenarios using game theory proves to be a very useful prescriptive approach in the business environment and in other complex systems. In this context, it becomes important to present different perspectives on that kind of modeling, such as the sum of the game, the structure of the strategy sets or the information level of the players. Moreover, the position of the players in terms of cooperation is also crucial to the way it handles the situation from the standpoint of the models. In consequence of these observations, the program includes, on the one hand, a broad discussion on zero-sum games, since it is the topic for which there is more development, and also because it represents the fundamental paradigm of non-cooperative settings. This topic is then generalized to the cases of general sum. The inclusion of a topic on games with continuous sets of strategies shows the approach of these modeling tools to more common settings in microeconomics, such as consumer theory and the relationship between supply and price. Dynamic games are another important topic of game theory and their approach shows how important it is to address iterative complex systems. Finally, cooperative game theory is a topic of major importance from the standpoint of how it deals with division and allocation of financial resources in multi-agent scenarios.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas e teórico-práticas, com recurso a folhas de exercícios.*

*Avaliação escrita através de testes e exame final*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Theoretical and practical classes, using exercises.*

*Written evaluation via periodical or final exams.*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*O tipo de conteúdo programático proposto para a unidade curricular necessita de uma exposição de forte pendor fundamental, para que seja possível trabalhar convenientemente as aplicações e tópicos apresentados. Por outro lado, para alicerçar os conhecimentos adquiridos é aconselhável o recurso a exercícios que permitam aos alunos um processo de descoberta relativamente aos diversos temas e modelos. Para avaliar os conceitos adquiridos, dada a natureza da matéria, é recomendável o recurso à avaliação escrita. Para incentivar o acompanhamento das aulas e da matéria dada, sugere-se a realização de testes intercalares.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The type of contents proposed for this course requires a fundamental based exposition, so that it's possible to work conveniently on the presented applications and topics. Moreover, to underpin the knowledge acquired throughout the course, it's advisable to use exercises to allow students a discovery process for the various themes and models. To evaluate the acquired concepts, given the nature of the contents, it's recommendable to use written evaluation means. To encourage students to follow lessons and the respective contents, intermediate exams should also be used.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Mendelson, E., Introducing Game Theory and its Applications, Chapman & Hall/CRC, 2004  
Ferguson, T.S., Game Theory Lecture Notes, Dep. of Mathematics and Dep. of Statistics, UCLA  
Gibbons, R., A Primer in Game Theory, Financial Times Prentice Hall, 1992  
Peleg, B.; Sudhölter, P., Introduction to the Theory of Cooperative Games, Springer, 2nd edition, 2007  
Binmore, K., A Very Short Introduction to Game Theory, Oxford University Press, 2007  
Webb, J. N., Game Theory: Decisions, Interaction and Evolution, Springer, 1st Edition, 2006*

## Mapa III - Modelação de Acontecimentos Raros / Modeling of Rare Events

### 3.2.1. Unidade curricular:

*Modelação de Acontecimentos Raros / Modeling of Rare Events*

### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria Isabel Fraga Alves (28h T+ 14h TP) - Não ativa em 2016/17*

### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*A Teoria de Valores Extremos (do inglês EVT) refere-se a uma área probabilista que fundamenta toda uma metodologia de inferência estatística dirigida a parâmetros de Acontecimentos Raros, abarcando um leque de modelos matemáticos convenientes para descrever situações extremas. Uma característica interessante sobre a EVT é que permite inferência fora do alcance dos dados observados do processo que está a ser modelado. Assim, por exemplo,*

*um período de retorno de 100 anos, ie, o nível que deverá ser ultrapassado em média uma vez em 100 anos, pode ser estimado a partir de 60 anos de dados observados.*

*Requisitos anteriores – Conhecimentos básicos de Probabilidade e Estatística*

### **3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Extreme Value Theory (EVT) refers to an area behind a whole probabilistic methodology of statistical inference directed for parameters of Rare Events, covering a range of convenient mathematical models to describe extreme situations. An interesting feature on the EVT is that it allows inferring beyond the range of the observed data from the process being modelled. So, for instance, 100-year return levels, ie, the level expected to be exceeded on average once in 100 years, can be estimated from 60 years of observed data.*

*Previous knowledge*

*Basic concepts of probability and statistics.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

#### **1. Porquê TVE**

*Importância dos métodos TVE para modelação de acontecimentos raros, em contraste com valores centrais. Técnicas gráficas usadas na análise das caudas: QQ-plots, PP-plots, MEplots. Dados univariados em ambiente, hidrologia, meteorologia, seguros, finanças e geofísica.*

#### **2. Perspectiva Probabilística**

*Distribuições exactas e limite das e.o centrais, extremas e intermédias; leis limite estáveis para máx e mín. Max-Domínios, condições na cauda e POT-Domínios. Distribuições Generalizadas de Valores Extremos e de Pareto. Índice de valores Extremos e peso de cauda. Caudas pesadas e Variação Regular.*

#### **3. Perspectiva Estatística**

*Perspectivas Paramétrica e Semi-Paramétrica de Inferência Estatística em Acontecimentos Raros. Escolha estatística de Modelos Extremas e de Max-Domínios. Metodologias MA, POT e PORT na inferência de Acontecimentos Raros: índice de VE, períodos de retorno, probabilidades de excedência e quantis extremas. Caudas pesadas e VaR com TVE. Casos de Estudo.*

### **3.2.5. Syllabus:**

#### **1. Why EVT**

*Importance of EVT methods for rare events modelling, in contrast with central values.*

*Graphics used in tail: QQplots, PP-plots, ME-plots. Examples of univariate data in environment, hydrology, meteorology, insurance, finance, geophysics.*

#### **2. Probabilistic Perspective**

*Exact and limit distributions for central, extremal and intermediate os; limit laws for Max and Min. Max-Domains, conditions on the tail and POT-Domains – Fisher-Tippett and Gnedenko and Pickands – Balkema & de Haan Theorems. Generalized Extreme value and Pareto Distributions. Extreme value index and tail weight. Heavy Tails and Regular Variation.*

#### **3. Statistical Perspective**

*Parametric and Semi-Parametric approaches for statistical inference of Rare Events. Statistical Choice of Extremal Models and Max-Domains. Methodologies AM, POT and PORT in inference of Rare Events: EV index, return periods, probability of exceedance and high quantiles. Heavy tails and VaR with EV methodologies. Case studies.*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Os conteúdos programáticos estão em coerência com os objectivos da unidade curricular, nomeadamente através da apresentação dos fundamentos da Teoria de Valores Extremos, diferentes abordagens paramétricas e semiparamétricas para Inferência Estatística específica a esta área, tendo em vista o cálculo dos parâmetros associados aos Acontecimentos Raros.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus are consistent with the objectives of the curriculum unit, namely through the presentation of the foundations of Extreme Value Theory, different parametric and semi parametric approaches for statistical inference specific to this field, aiming the determination of the parameters associated with Rare Events.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Slides, apresentação de Case Studies e de pequenas Tarefas de Casa (TC).*

*Apresentação de Caso de Estudo (CE)*

*Pequenas Tarefas de Casa (TC)*

*Exame Final (EF)*

*Nota Final*

*NF=50% (CE+TC) + 50% (EF), com Nota mínima (CE)= 8; Nota mínima (EF)= 8*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Slides, Presentation of Case Studies and Take-Home quizzes.*

*Presentation of Case Study (CS)*

*Take-Home quizzes (TH)*

*Final Exam (FE)*

*Final Score*

*FS=50% (CS+TH) + 50% (FE), with Minimum Score (CS)= 8; Minimum Score (FE)= 8.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino estão em coerência com os objectivos da unidade curricular, nomeadamente através da implementação de aulas teóricas, teórico-práticas, orientação tutorial e caso de estudo, dirigidos a um acompanhamento contínuo da disciplina que interliga cada capítulo de estudo com os previamente apresentados.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Teaching methodologies are consistent with the objectives of the curriculum unit, namely through the implementation of theoretical, practical and theoretical lessons, tutorial orientation and case study, targeting a continuous surveillance of discipline that links each chapter study with previously submitted.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Jan Beirlant, Yuri Goegebeur, Johan Segers and Jozef Teugels (2004). Statistics of Extremes: Theory and Applications (Wiley Series in Probability and Statistics).*

*Enrique Castillo, Ali S. Hadi, N. Balakrishnan, and Jose M. Sarabia (2004). Extreme Value and Related Models with Applications in Engineering and Science (Wiley Series in Probability and Statistics).*

*Rolf-Dieter Reiß and Michael Thomas (2007). Statistical Analysis of Extreme Values: with Applications to Insurance, Finance, Hydrology and Other Fields.*

**Mapa III - Demografia / Demography**

**3.2.1. Unidade curricular:**

*Demografia / Demography*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Marília Cristina De Sousa Antunes (21h T+ 14h PL)*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo deste curso é o de fornecer aos alunos uma introdução aos métodos demográficos básicos com especial incidência nos que podem também ser usados para outras populações biológicas.*

*No final do curso espera-se que o aluno:*

- Conheça algumas fontes de informação demográfica nacional e internacional;*
- Saiba calcular as principais medidas demográficas e perceba como elas podem ser afectadas pela estrutura etária da população;*
- Consiga utilizar e construir tabelas de mortalidade;*
- Consiga construir e interpretar pirâmides etárias;*
- Saiba identificar as propriedades das populações estacionárias e estáveis;*
- Seja capaz de determinar e interpretar os parâmetros do modelo de Leslie.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The aim of this course is to introduce students to the basic demographic methods, particularly those that can also be used in non-human biological contexts.*

*At the end of this course the student should know:*

- some sources of national and international demographic information;*
- how to calculate the most important demographic measures and understand how they are affected by the age structure of the population;*
- how to use and build life tables;*



- *how to build and interpret age pyramids;*
- *how to identify the properties of stationary and stable populations;*
- *how to determine and interpret the Leslie model parameters.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Capítulo 1 - Introdução: Populações e Dados Demográficos*

*Capítulo 2 - Medidas Demográficas*

*Capítulo 3 - Taxas e Probabilidades Específicas*

*Capítulo 4 - Fertilidade e Reprodução*

*Capítulo 5- Tabelas de Mortalidade*

*Capítulo 6 - Modelo de População Estacionária*

*Capítulo 7 - Modelo de População Estável*

*Capítulo 8 - Modelo Determinístico de Leslie*

### **3.2.5. Syllabus:**

*Chapter 1 – Introduction : Populations and Demographic data*

*Chapter 2 – Demographic measures: mortality.*

*Chapter 3 – Specific rates and probabilities*

*Chapter 4 – Fertility and reproduction*

*Chapter 5 – Life tables*

*Chapter 6 – Stationary population model*

*Chapter 7 – Stable population model*

*Chapter 8 – Leslie deterministic model*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*I- Conceitos demográficos, mortalidade, fertilidade, nupcialidade e migração e suas medidas. É realizado cálculo e comparação de taxas entre diferentes países, com recurso a diferentes tipos de padronização, através de exemplos reais que realçam as diferenças entre países mais e menos desenvolvidos.*

*II- tabelas de mortalidade e os principais conceitos associados como, por exemplo, a esperança de vida. É incentivada a consulta de tabelas de mortalidade reais e a sua utilização é exercitada, assim como a construção de tabelas de mortalidade para populações fictícias de tempo de vida curto e pequena dimensão.*

*III- Principais modelos de desenvolvimento populacional. A construção de pirâmides etárias e a respectiva evolução temporal em países com diferentes estádios de desenvolvimento é usada para apresentar a transição demográfica a ocorrer nas últimas décadas, com o aumento da esperança de vida e a diminuição da fertilidade, e as respectivas consequências sociais e económicas.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*I- Demographics concepts, mortality, fertility, nuptiality and migration and their measures. Calculation and comparison of rates between different countries, using different types of standardization, through real examples that highlight the differences between more and less developed countries.*

*II- Mortality tables and principal related concepts as, for example, life expectancy. The consultation of real live tables is incentivized and its use is trained in numerous problems as well as the construction of life tables for fictitious small populations with short life span.*

*III - Main models of population development. The construction of population pyramids and their temporal evolution in countries with different stages of development is used to present the demographic transition occurring in recent decades, with increasing life expectancy and declining fertility, and their social and economic consequences.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Ensino teórico e prático com especial ênfase na análise de dados demográficos reais.*

*Os estudantes devem fazer um exame final com uma parte em que deve resolver problemas de natureza prática e uma parte teórica mais focada em perguntas de resposta curta.*

*Exame final.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Theoretical and practical classes with special emphasis on the analysis of real demographic data.*

*The students must do a final exam with a part where they should solve problems of practical nature and a theoretical part more focused on questions of short answer.*

*Final exam.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*O conteúdo das lições está organizado de tal forma que cada unidade de teoria é primeiro apresentada e seguida de um grande período de treino baseado em exercícios práticos envolvendo populações reais.*

*Todos os estudantes têm acesso a um computador na sala de aula e são encorajados a usar fontes de dados nacionais e internacionais bem como folhas de cálculo como por exemplo o Excel para melhorar a velocidade de cálculo das respostas aos problemas.*

*Durante esses períodos os alunos também são encorajados a discutir entre eles formas diferentes de responder aos problemas propostos.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The content of the lessons is organized in such a way that in each one, a unit of theory is first presented and then followed by a large period of training based on practical exercises involving actual populations.*

*All the students have access to computers in the class and are encouraged to look for national and international sources of data as well as to use spreadsheets like Excel to improve the computation speed of the problems answer.*

*During those periods students are also encourage to discuss among themselves different ways of answering the proposed problems.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*Bandeira, M. L.(2004). Demografia. Objecto, teorias e métodos. Escolar Editora.*

*Brown, R. L.,FSA, FCIA, ACAS (1997). Introduction to the Mathematics of Demography. ACTEX Publications.*

*Keyfitz, N. (1985). Applied Mathematical Demography. Springer-Verlag.*

*Nazareth, J. M. (1996). Introdução à Demografia, Teoria e Prática. Editorial Presença.*

*Pollard, J. H. (1993). Mathematical Models for the Growth of Human Populations. Cambridge University Press.*

*Preston, S.H., Heuveline P., Guillot M. (2001). Demography: Measuring and Modeling Population Processes. Oxford: Blackwell.*

*Thiessen, H. (1996). Measuring the Real World. Wiley.*

*Notas sobre a teoria e projecções do professor.*

## **Mapa III - Otimização não Linear / Non-Linear Optimization**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Otimização não Linear / Non-Linear Optimization*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Fernando João Pereira de Bastos (28h T + 28h PL) - Não ativa em 2016/17*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*<sem resposta>*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Pretende-se dar a conhecer aos alunos os aspectos essenciais da teoria da optimização e os métodos mais elementares e conhecidos para resolver problemas de optimização não linear, com e sem restrições.*

### **3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Teach the students about the fundamental aspects of the optimization theory and the most elementary methods to solve nonlinear optimization problems, constrained or not.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- Introdução aos conjuntos e funções convexas.*
- Condições de optimização para problemas sem e com restrições. Condições KKT.*
- Introdução à dualidade lagrangeana.*
- Métodos para resolver problemas de optimização sem restrições (gradiente, Newton, gradientes conjugados, optimização univariada; breve introdução aos métodos quasi-Newton).*
- Métodos para resolver problemas de optimização com restrições (penalidades, lagrangeanos generalizados,...).*

### **3.2.5. Syllabus:**

- Introduction to convex sets and functions.*
- Optimality conditions for optimization problems with and without conditions. KKT conditions.*
- Introduction to lagrangean duality.*
- Algorithms to solve optimization problems without conditions (univariate optimization, steepest descent, Newton, conjugate gradients and a brief introduction to quasi-Newton methods).*
- Algorithms to solve optimization problems with conditions (penalty methods, augmented lagrangean methods,...).*

### **3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Conjuntos e funções convexas, condições de optimização e dualidade lagrangeana são os tópicos fundamentais e necessários para que qualquer estudante possua um conhecimento mínimo da moderna teoria da optimização linear. Os métodos de optimização sugeridos representam também as mínimas ferramentas fundamentais para qualquer estudante na área da optimização não linear.*

### **3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Convex sets and functions, optimality conditions and lagrangean theory are the fundamental and necessary topics in order that any student has a minimal knowledge about modern theory of nonlinear optimization. The suggested methods are members of the minimal set of fundamentals tools for any student in the nonlinear optimization field.*

### **3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Metodologia de ensino: aulas teóricas e aulas práticas em laboratório.*

*Avaliação: testes parciais, trabalhos e/ou exame final.*

### **3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Teaching methodologies: theoretical classes and practical classes at a laboratory.*

*Evaluation: partial exams, practical works and / or final exam.*

### **3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Nas aulas teóricas serão ensinados os conhecimentos teóricos fundamentais bem como os fundamentos dos métodos de optimização. Nas aulas práticas em laboratório, irão ser aplicados os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas. A avaliação sobre a aprendizagem de conceitos teóricos será feita através dos exames/testes parciais e avaliação das metodologias práticas será feita através de trabalhos.*

### **3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The fundamental theoretical concepts and results will be taught in the theoretical classes. At the practical laboratorial classes, there will be concrete applications of those concepts. Evaluation about theoretical concepts will be done using exams/partial exams. Evaluation about practical methodologies will be done using practical works.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*-M.S. Bazaraa, H.D. Sherali e C.M. Shetty, Nonlinear Programming, theory and algorithms, John Wiley & Sons.*

## **Mapa III - Redes Neurais e Aplicações / Neural Networks and Applications**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Redes Neurais e Aplicações / Neural Networks and Applications*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*António José Lopes Rodrigues (28h T + 14h TP) - Não ativa em 2016/17*

### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Apresentar os modelos neuronais e os métodos de aprendizagem mais comuns, e compreendê-los como extensões de modelos e métodos de Estatística e Optimização mais convencionais. Discutir alternativas metodológicas em diversos problemas e áreas de aplicação. Prevenir erros metodológicos comuns. Saber utilizar software especializado. Compreender as semelhanças e diferenças com paradigmas de computação afins.*

### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*To present the most common neural models and machine learning methods, and to understand them as extensions of more conventional Statistics and Optimization models and methods. To discuss methodological alternatives in several problems and application areas. To prevent common methodological mistakes. To know how to use specialized software. To understand the similarities and differences with related computing paradigms.*

### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

#### 1. Introdução

- Neurónios artificiais simples; funções de activação.
- Algoritmos de filtragem/estimação/aprendizagem: gradiente estocástico, mínimos quadrados recursivos, e variantes.
- Tipologia de dados e escalas de medição; codificação e pré-processamento de padrões de treino.

#### 2. Modelos supervisionados

- Perceptrões multicamada.
- Redes de funções de base radiais.
- Metodologias de identificação e validação.

#### 3. Aplicações

- Regressão: aproximação funcional de dados experimentais.
- Previsão: previsão da procura / da carga, previsão financeira.
- Classificação/decisão: "credit scoring", classificação de sinais, reconhecimento de padrões.

#### 4. Complementos

- Metodologias de prospecção de dados.
- Máquinas de vectores de suporte.
- Aprendizagem não supervisionada.
- Aprendizagem por reforço e processos de decisão sequencial.
- Computação evolutiva.

### 3.2.5. Syllabus:

#### 1. Introduction

- Simple artificial neurons; activation functions.
- Filtering/estimation/learning algorithms: stochastic gradient, recursive least squares, and variations.
- Types of data and measurement scales; coding and preprocessing of training patterns.

#### 2. Supervised models

- Multilayer perceptrons.
- Radial basis function networks.
- Identification and validation methodologies.

#### 3. Applications

- Regression: functional approximation of experimental data.
- Forecasting: demand / load forecasting; financial forecasting.
- Classification/decision applications: credit scoring, signal classification, pattern recognition.

#### 4. Complements

- Data mining methodologies.
- Support vector machines.
- Unsupervised learning.
- Reinforcement learning and sequential decision processes.
- Evolutionary Computing.

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os tópicos do programa destinam-se a atingir os objectivos enunciados.*

*O conceito de aprendizagem numérica é apresentado como um problema de estimação ou de filtragem ou de optimização estocástica não linear, consoante o contexto de aplicação.*

*Os conceitos mais teóricos e metodológicos são apresentados sempre em associação com aplicações práticas.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The syllabus topics aim to accomplish the objectives.*

*The numerical learning concept is presented as an estimation problem or filtering problem or nonlinear stochastic optimization problem, according to the application context.*

*The more theoretical and methodological contents are always presented in association with practical applications.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas, com coordenação e interligação total entre elas.*

*Exame escrito obrigatório, e exercícios (trabalhos) para avaliação complementar opcionais.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Regular (“theoretical”) lectures, as well as practical classes, with full coordination and interaction between them.*

*Final written examination (compulsory); optional homework assignments (more demanding exercises), for complementary evaluation and grading*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*As metodologias de ensino e as componentes da avaliação, incluindo os trabalhos, visam a aquisição e consolidação de conhecimentos metodológicos e experimentais nos tópicos da unidade curricular por forma a cumprir os objectivos enunciados.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*The teaching methodologies and the evaluation components, including the home assignments, aim the acquisition and consolidation of methodological and experimental knowledge on the unit topics towards meeting the objectives indicated.*

**3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

- C.M. Bishop, *Neural Networks for Pattern Recognition*, Clarendon Press, Oxford, 1995.
- H. Demuth, M. Beale, M. Hagan, *Neural Network Toolbox 7 – User's Guide*, The Mathworks, 2010.
- D. Hand, H. Mannila, P. Smyth, *Principles of Data Mining*, The MIT Press, 2001.
- T. Hastie, R. Tibshirani, J.H. Friedman, *The Elements of Statistical Learning*, Springer-Verlag, 2001.
- S. Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 1999.

**Mapa III - Gestão de Operações / Operations Management****3.2.1. Unidade curricular:**

*Gestão de Operações / Operations Management*

**3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Francisco Saldanha da Gama (14h T + 7h TP) - Não ativa em 2016/17*

**3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria da Conceição Fonseca (14h T + 7h TP)*

**3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*Introdução de técnicas de planeamento e controle de operações.*

**3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*Introduction of techniques for Operations planning and control.*

**3.2.5. Conteúdos programáticos:**

- *Motivação. Enquadramento. Os diferentes níveis de gestão de operações.*
- *Planeamento de produção. Características de um bom plano de produção. Estratégias para as flutuações da procura. Modelos em programação linear. Modelos em programação inteira mista (lot-sizing com e sem capacidades, modelo MPS e modelo MRP). Métodos heurísticos.*
- *Sequenciamento de operações. Noções básicas. Sequenciamento numa única máquina: Regras SPT, EDD e ERD; estudo dos problemas  $1 / \text{prec} / f_{\text{max}}$  e  $1 / r_j / L'_{\text{max}}$ . Sequenciamento em várias máquinas: problemas em máquinas paralelas, problemas de open-shop, flow-shop e job-shop scheduling. Extensões: Sistema flexível de flow-shop e de job-shop; Sistemas just-in-time (JIT).*
- *Controlo de qualidade. Introdução. Relevância prática. Cartas de controlo e amostragem de aceitação: objectivos, vantagens e desvantagens.*

**3.2.5. Syllabus:**

- *Motivation and importance. Different decision levels in operations management.*
- *Production planning. Characteristics of a good production plan. Strategies for fluctuating demand. Linear programming models. Mixed-integer programming models (lot-sizing with and without capacities, MPS model and MRP models). Heuristic approaches.*
- *Job scheduling. Basic concepts. Single machine scheduling: SPT, EDD and ERD rules; problems  $1 / prec / fmax$  and  $1 / rj / L'max$ . Multiple machine scheduling: parallel machine scheduling, open-shop, flow-shop and job-shop scheduling problems. Extensions: flow-shop and job-shop flexible systems. Just-in-time systems.*
- *Quality control. Practical relevance. Control charts and acceptance sampling: goals, advantages and disadvantages.*

**3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Gestão de Operações é um tópico ligado à produção de bens e serviços, que procura tornar eficientes as operações que é necessário realizar nomeadamente, através de uma racionalização na utilização de recursos, sem nunca descuidar os requisitos impostos pelos clientes.*

*São diversas as vertentes através das quais a Gestão de Operações concretiza o seu objectivo mas de entre estas, são comumente aceites como claramente relevantes, as vertentes de planeamento da produção, sequenciamento das tarefas envolvidas no processo e controle de qualidade dos produtos fabricados, semi-produtos ou produtos em curso de fabrico.*

*Os conteúdos propostos para esta disciplina vão ao encontro do exposto destas vertentes.*

**3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*Operations management is a topic concerned with the production of goods and services which aims at bringing efficiency to the involved operations. In particular, its goal is to rationalize the resources but with never missing the goal of meeting customers' requirements.*

*The role of Operations Management is achieved in different ways. The three that are widely recognized as the most relevant regard production planning, operations scheduling and quality control.*

*The syllabus presented for this discipline is coherent with these principles.*

**3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):**

*Aulas teóricas e teórico-práticas.*

*Avaliação feita por um exame final.*

**3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):**

*Lectures and exercise classes.*

*Evaluation with a final exam.*

**3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:**

*Nesta disciplina dá-se relevo à componente mais quantitativa da Gestão de Operações, a qual, por vezes, se reveste de grande complexidade requerendo o domínio de diversas metodologias e técnicas próprias de áreas tais como, Matemática, Investigação Operacional e Estatística.*

*Para que os alunos adquiram as competências necessárias, torna-se importante que os temas da disciplina sejam apresentados e desenvolvidos em termos gerais e por vezes, mesmo abstractos, procurando-se, seguidamente, que os alunos adquiram a capacidade de utilizar as metodologias e técnicas transmitidas em casos mais concretos de maior ou menor complexidade.*

*A componente teórica da disciplina procura ir ao encontro do primeiro objectivo enquanto a componente teórico-prática procura desenvolver a capacidade de os alunos aplicarem metodologias e ferramentas gerais a problemas concretos.*

*A avaliação da disciplina procura aferir a capacidade de os alunos, perante situações concretas de problemas que surgem na área da Gestão de Operações, darem uma resposta adequada nomeadamente em termos da metodologia mais apropriada para a resolução do problema e em termos das ferramentas que permitem concretizar essa resolução.*

**3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:**

*In this discipline, the emphasis is put on the quantitative aspects of Operations Management. Often, these aspects are complex and require the use of methodologies and techniques from disciplines such as Mathematics, Operations Research and Statistics.*

*In order to assure that the students get the minimum skills in the area it is important that the topics of the discipline are firstly presented in a general and eventually abstract way. Afterwards, the students should be trained to apply the acquired knowledge to concrete problems.*

*The lectures of this discipline aim at achieving the first goal above. The exercises classes aim at develop the student's skills to tackle concrete problems.*

*The evaluation in this discipline intends to check the ability of the students to tackle small problems in the context of Operations Management namely by checking their methodological and technical skills in the field.*

### **3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:**

*P. Brucker, "Scheduling Algorithms", Springer, 1998.*

*S. French, "Sequencing and Scheduling: an introduction to the mathematics of the job-shop", Elis Horwood Ltd, 1982.*

*E. L. Lawler, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan, D. Shmoys, "Sequencing and Scheduling: Algorithms and Complexity", in "Handbooks in Operations Research and Management Science", Volume 4: Logistics of Production and Inventory, edited by S.C. Graves, A.H.G. Rinnooy Kan and P. Zipkin, North-Holland, 1993.*

*J. Y.-T. Leung (Ed.), "Handbook of Scheduling", Chapman & Hall, 2004..*

*D. Montgomery, "Introduction to statistical quality control", John Wiley & Sons, 3rd edition, 1996.*

*T. E. Morton, D. W. Pentico, "Heuristic Scheduling Systems: With Applications to Production Systems and Project Management", John Wiley & Sons, 1993.*

*M. Pinedo, "Scheduling: theory, Algorithms and Systems", Prentice-hall, 1995.*

*T. Sawik, "Production Planning and Scheduling in Flexible Manufacturing systems ", Springer, 1999.*

## **Mapa III - Amostragem e Análise de Dados / Sampling and Data Analysis**

### **3.2.1. Unidade curricular:**

*Amostragem e Análise de Dados / Sampling and Data Analysis*

### **3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Margarida Maria Teixeira Diniz Mendes Leal (15.96h TP + 11.97h T)*

### **3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:**

*Maria Teresa Themido da Silva Pereira (12.04h TP + 9.03h T)*

### **3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

*O objectivo da Parte I desta unidade curricular é fornecer conhecimentos sobre os métodos mais utilizados na recolha de informação estatística sobre populações finitas e correspondente tratamento estatístico dos dados obtidos.*

*O objectivo da Parte II desta unidade curricular é dar conhecimentos sobre as ideias básicas, aplicações e métodos da análise de dados multivariados. Após uma introdução sobre conceitos fundamentais, os estudantes devem aprender quatro métodos de análise de Dados Multivariados: análise em componentes principais; análise factorial; análise classificatória e análise de tabelas de contingência. Deverão saber quando aplicá-los e interpretar correctamente os resultados. Pretende-se também que os estudantes ganhem a capacidade de saber trabalhar com um ou mais programas informáticos que incluam estes métodos.*

### **3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):**

*The objective of Part I of this curricular unit is to teach the classical methods of sampling of finite populations used in surveys and the corresponding statistical analysis of data.*

*The objective of Part II of this curricular is to acquaint students with the basic ideas, applications and methods of multivariate data analysis. After an introductory overview of fundamental concepts, students will learn four multivariate data analysis methods: principal component analysis, factor analysis, cluster analysis and analysis of contingency tables. They should know when to apply them and interpret the results correctly. It is also intended that the students gain the ability to learn how to work with software that include these methods.*

### **3.2.5. Conteúdos programáticos:**

*Recolha de informação estatística: censos, inquéritos por amostragem e sondagens. Amostragem aleatória e amostragem não aleatória. Tipos principais de amostragem não aleatória. Tipos principais de amostragem aleatória: simples, estratificada, por grupos e por etapas. Estimação da média e do total de uma população; estimação de uma proporção.*

*Generalidades sobre Análise de Dados Multivariados. Representação Gráfica de Dados Multivariados. Análise em*

*Componentes Principais (ACP); Análise Factorial. Análise Classificatória (Clusters). Análise de Dados Categorizados - Tabelas de Contingência.*

### 3.2.5. Syllabus:

*Getting statistical data: census and survey sampling. Random sampling versus non-random sampling. Main types of non-random sampling. Main types of random sampling: simple, stratified, cluster and multistage. Estimation of the population mean and of the population total; estimation of a population proportion.*

*Overview of Multivariate Data Analysis. Graphical Representation of Multivariate Data. Principal Component Analysis (ACP) Factor Analysis. Cluster analysis. Categorical Data Analysis - Contingency Tables.*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os conteúdos programáticos foram seleccionados tendo em conta o nível intermédio da disciplina, os fundamentos teóricos principais bem como a natureza prática das matérias. O curso tem como objectivo dar aos alunos a capacidade de saber recolher informação e analisá-la, bem como interpretá-la e comunicar os resultados tanto a especialistas como a não especialistas. Nesse sentido, escolheu-se um programa abrangente, combinando os principais métodos de amostragem com os de análise de dados multivariados, e que dá aos alunos a visão completa do processo de recolha e análise de dados. O programa é dado de modo a que os alunos adquiram competências na parte computacional dos métodos apresentados e na interpretação das diferentes metodologias apresentadas.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The content of this curricular unit was selected taking into account it is an intermediate course, the main theoretical concepts and the practical nature of the subject. The main objective of the course is to teach the students how to collect data, how to analyse them and how to interpret the results. They should learn how to communicate the results to possible collaborators, whether they are experts on the field or not. Hence, the course intends to give a broad view of the main methods of survey sampling and multivariate data analysis, so that the students understand the complete process of collecting and analysing data. The course teaches the use of computer software oriented to data analysis and how to interpret the results.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas onde é exposta a matéria, incluindo a análise de casos de estudo. Aulas práticas, onde são resolvidos exercícios de aplicação recorrendo frequentemente ao auxílio de software apropriado.*

*Exame final.*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Lectures classes present theoretical subjects, including many examples. The practical classes work on the solution of proposed exercises many of them using appropriate computer software.*

*Final exam.*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Esta disciplina é de natureza prática e dá uma visão abrangente dos diferentes métodos estatísticos utilizados para recolher e analisar dados. Os métodos de ensino centram-se na resolução de exercícios, na utilização de software estatístico necessário à análise de dados e na interpretação dos resultados. Serão apresentadas algumas colecções de dados reais que são utilizadas como casos de estudo.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*This practical course gives a broad view of the main statistical methodologies used to collect and analyse data. The emphasis is given to problem solving with the help of computer software and to the interpretation of the results of statistical analysis. Several collections of real data will be used as case studies.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Barnett, V. Sample Survey-Principles and Methods, 3ª ed, Wiley, 2003.*

*Cochran, W. G. Sampling Techniques. Wiley, New York, 1977.*

*Levy, P.S.; Lemeshow, S. Sampling of Populations: methods and applications. Wiley, New York, 1991.*

*Tryfos, P. Sampling Methods for Applied Research - Text and Cases. Wiley, New York, 1996.*

*Afifi, A.A.; Clark, V. Computer-aided multivariate Analysis. Lifetime Learning Publications. California, 1984.*

*Agresti, A. Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1990.*

*Anderson, T.W. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1985.*

*Chatfield, C.; Collins, A.J. Introduction to Multivariate Analysis. Chapman and Hall, London, 1980.*



*Everitt, B.S. The Analysis of Contingency Tables. Chapman and Hall, London, 1977.*

*Mardia, K.V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. Multivariate Analysis. Academic Press, London, 1979.*

### Mapa III - Complementos de Processos Estocásticos / Complements of Stochastic Processes

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Complementos de Processos Estocásticos / Complements of Stochastic Processes*

#### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Kamil Feridun Turkman (28h T+14h TP) - Não ativa em 2016/17*

#### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

#### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*O objectivo do curso é dar um apanhado de dois importantes conjuntos de processos: Os processos gaussianos e os processos de Poisson tanto em R como em R2. No final do curso o estudante deve ser capaz de utilizar pacotes do software R para modelar estes tipos de processos.*

#### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The objective of the course is to give a overview of two important sets of processes: Gaussian and Poisson processes both in R and in R2. At the end of the course the student should be able to apply R software packages to model both types of processes.*

#### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Processos Gaussianos em R*

*Definições e propriedades*

*Movimento Browniano:*

*Propriedades*

*Propriedades das trajectórias*

*Ponte browniana.*

*Processos Gaussianos espaciais*

*Estacionaridade em campos aleatórios gaussianos*

*Propriedades do variograma e covariograma*

*Isotropia e anisotropia*

*Kriging*

*Processos de renovamento*

*Definição e propriedades;*

*Equações de renovamento e teorema do renovamento*

*Aplicações*

*Processos pontuais em R*

*Definição e propriedades.*

*Processo de Poisson*

*Propriedades dos tempos de espera.*

*Processo de Poisson não homogéneo*

*Processos de Pontuais espaciais*

*Conceitos básicos*

*Processos de segunda ordem*

*Processo de Poisson homogéneo*

*Estimação das funções distribuição do espaço vazio e do vizinho mais próximo*

*Modelos: Processos de Poisson Aglomerados;*

*Processos de Poisson não homogéneos*

*Processos de Cox*

*Processos pontuais de Markov*

*Processos Pontuais espaço-temporais.*

#### 3.2.5. Syllabus:

*Gaussian processes in R*

*Definitions and properties*

*Brownian motion: Properties; Properties of trajectories; Brownian bridge.*

*Spatial Gaussian Processes*

*Stationarity in Gaussian random fields*

*Properties of the variogram and covariogram*

*Isotropy and Anisotropy*

*Kriging*

*Renewal processes*

*Definition and properties*

*Renewal equations and renewal theorem*  
*Applications*  
*Point processes in  $R$*   
*Definition and properties*  
*Poisson process*  
*Waiting time properties*  
*Non-homogeneous Poisson process*  
*Spatial Point Processes*  
*Basic concepts*  
*Second order processes*  
*Homogeneous Poisson Process*  
*Estimation of the empty space and closest neighbor distribution functions*  
*Models: Cluster Poisson process*  
*Non-homogeneous Poisson process*  
*Cox process*  
*Markov Point Process*  
*Spatial-temporal Poisson process.*

### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A primeira parte do programa inclui a matéria indispensável a um conhecimento profundo dos modelos gaussianos tanto em  $R$  como em  $R^2$ . No primeiro caso é estudado em pormenor o movimento browniano que é um caso particular mais importante deste tipo de processos.*  
*No caso dos modelos gaussianos espaciais é também apresentada a teoria básica necessária para que se possa chegar a entender e utilizar diversas técnicas de estimação de modelos e de kriging.*  
*Na segunda parte do curso são estudados os modelos de renovamento e as suas principais propriedades o que permite, na terceira parte do curso, apresentar os processos pontuais de Poisson em  $R$ , como um caso particular destes processos.*  
*Na terceira parte do curso são apresentadas as propriedades fundamentais dos processos pontuais em  $R$  e em  $R^2$  e os principais modelos são estudados o que permite fornecer uma panorâmica bastante larga das muitas aplicações dos processos pontuais a situações reais.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The first part of the course includes the theory that provides a profound knowledge of the Gaussian models in  $R$  and in  $R^2$ . In the first case the Brownian motion, which is the most important particular case of this type of processes, is studied in detail.*  
*In the case of the spatial Gaussian processes, it is presented the basic theory necessary to the understanding and use of the different techniques of model estimation and kriging.*  
*In the second part of the course the renewal processes and their main properties are studied allowing, in the third part of the course, the presentation of the Poisson point process in  $R$  as a particular case of this type of processes.*  
*In the third part of the course the fundamental properties of the point processes in  $R$  and  $R^2$  are presented. The most important models of this type of processes are studied which allows a very wide overview of the many applications of point processes to model real situations which is one of the goals of the course.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*O curso tem uma componente teórica e uma componente prática baseada em exercícios de modelação de dados reais. A avaliação faz-se através de trabalhos escritos sobre cada uma das partes principais do programa.*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The course has a theoretical and a practical component based on exercises of modelling real data. The evaluation is done via written assignments on each of the main parts of the program.*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*A apresentação teórica é acompanhada por uma componente prática muito importante que além da resolução de exercícios de carácter mais teórico que permitem uma melhor compreensão das relações entre os diversos processos inclui uma componente laboratorial em que são apresentados os pacotes de software  $R$  que permitem simular e estimar os parâmetros dos principais tipos de modelos. Exemplos de aplicação reais dirigidos aos diferentes tipos de processos permitem que o aluno seja capaz de os reconhecer e modelar, o que constitui o segundo objectivo do curso.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The theoretical presentation is accompanied by a very important practical component that includes, not only the solving of exercises with a more theoretical character that allow a better understanding of the relations between the different processes, but also a laboratorial module where are presented the  $R$  packages which allow the simulation and estimation of parameters of the most important types of models.*  
*Real application examples directed to the different types of processes allow that the student be able to recognize and model them, which constitutes the second goal of the course.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Cressie N. (1993). Statistics for Spatial data. Wiley, New York.*  
*Diggle P. and Ribeiro Jr. P. (2007). Model-based Geostatistics. Springer Series in Statistics. Springer.*  
*Gelfand A., Diggle P., Fuentes M. & Guttorp P. (2010) Edts. Handbook of Spatial Statistics. Chapman & Hall/CRC.*  
*Illian J., Penttinen A., Stoyan H., Stoyan D. (2008). Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. Wiley.*  
*Ross S. (1996) Stochastic Processes (2nd ed.). Wiley.*

### Mapa III - Risco em Seguros Vida e Não-Vida / Risk in Life and Non-Life Insurance

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Risco em Seguros Vida e Não-Vida / Risk in Life and Non-Life Insurance*

#### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria Isabel Fraga Alves (14h T+ 7h TP)*

#### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Maria Fernanda Adão dos Santos Fernandes de Oliveira (14h T+ 7h TP)*

#### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*O objectivo desta unidade curricular é munir o aluno de alguns conceitos em Seguros, no ramo vida e no ramo não-vida. A diversidade de abordagens para os 2 ramos, será sistematizada em 2 módulos: Seguros de Vida e Risco em Seguros Não-Vida. No final do período curricular, o aluno deverá compreender os conceitos introdutórios relativos ao cálculo financeiro no ramo vida, capitalização e desconto, juro simples, composto, fracionado, rendas certas, inteiras com termos constantes, fracionadas, noções em demografia, tabelas de mortalidade, anuidades incertas, fracionadas, contínuas, variáveis e seguros de vida em caso de morte. O ramo não-vida será explorado via teoria do risco, inicialmente sob perspectiva da utilidade, contratos de cobertura total, parcial e resseguro; modelos de risco associados a carteiras de apólices, individual e colectivo, o modelo clássico de risco de Cramér-Lundberg, ruína e relação com a perda agregada máxima e aplicações a problemas de seguros.*

#### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The aim of this course is to equip the student with concepts in Insurance, both in life insurance and non-life insurance. The diversity of approaches to the two branches will be systemized in 2 modules: Life Insurance and Risk in Insurance Non-Life. At the end of the course period, the student must understand the introductory concepts for the financial calculation in life insurance, capitalization and discount, simple interest, compound split, right, entire income from the terms, fractioned, notions on demographics, mortality tables, uncertain annuities, fractional, continuous, variable and life insurance in case of death. The non-life insurance will be explored via risk theory, initially under the perspective of utility, full and partial coverage contracts and reinsurance; risk models associated with portfolios of policies, individual and collective, the classical model of risk Cramér-Lundberg, ruin and relation with the maximum aggregate loss and applications to insurance problems.*

#### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Módulo 1: Seguros de Vida*

*1. Introdução ao Cálculo Financeiro.*

*2. Demografia.*

*3. Teoria Geral do Seguro de Vida.*

*Módulo 2: Risco em Seguros Não-Vida*

*1. Teoria da Utilidade e Seguro.*

*2. Modelos de Risco Individual.*

*3. Modelos de Risco Colectivo.*

#### 3.2.5. Syllabus:

*Module 1: Life Insurance*

*1. Introduction to Financial Theory.*

*2. Demography.*

*3. General Theory of Life Insurance.*

*Module 2: Risk in Non-Life Insurance*

*1. Teoria of utility and insurance.*

*2. Individual Risk Models.*

*3. Collective Risk Models*

#### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os conteúdos programáticos estão em coerência com os objectivos de aprendizagem da unidade curricular (UC), nomeadamente através da sistematização em 2 módulos referentes à área actuarial no ramo vida e ao risco na área não-vida, como consta dos conteúdos da UC. No final do período curricular, o aluno fica a conhecer os conceitos introdutórios relativos ao cálculo financeiro no ramo vida, capitalização e desconto, juros simples, composto e fracionado, rendas certas e inteiras com termos constantes, fracionadas, noções em demografia, tabelas de mortalidade, anuidades incertas, fracionadas, contínuas, variáveis e seguros de vida em caso de morte. Também no ramo não-vida a abordagem inicial, sob perspectiva da utilidade, equipa de imediato o aluno com alguns dos conceitos*

*introdutórios na área de seguros, como prémio puro, carga de segurança, para contratos de cobertura total, parcial e resseguro; seguidamente a teoria do risco desenvolve modelos de risco associados a carteiras de apólices, individual e colectivo, o modelo clássico de risco de Cramér-Lundberg, ruína e relação com a perda agregada máxima e aplicações a problemas de seguros, em consonância com os objectivos da UC.*

### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The syllabus is consistent with the course learning objectives, including through the systematization in 2 modules for the actuarial field, in risk for life insurance and non-life insurance, as stated in the unity contents. At the end of the course period, the student gets to know the introductory concepts for the financial calculation in life insurance, capitalization and discount, simple, compound and fractional interest, certain and entire income from the terms, fractioned, notions on demographics, mortality tables, uncertain annuities, fractional, continuous, variable and life insurance in case of death. Also in the non-life field, the initial approach, from the perspective on the utility, immediately equips the student with some of the introductory concepts in the insurance area: pure premium, security loading to affect the pure premium for full and partial coverage, and reinsurance contracts; then the risk theory develops individual and collective risk models, associated with portfolios of policies, giving heath to the classical Cramér-Lundberg model of risk, comparing ruin and with the maximum aggregate loss, with applications to insurance problems, in line with the course objectives.*

### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*A UC é ministrada por 2 docentes, dada a sua natureza modular, separando as áreas Vida e Não-Vida, de forma a distinguir as respectivas abordagens ao risco. Nesta UC é seguida uma metodologia mista de ensino, combinando um modo expositivo com slides disponíveis aos alunos, com aulas mais interventivas por parte destes, sendo motivados para a resolução de exercícios teórico-práticos e subsequente apresentação oral. A plataforma informática moodle/fenix é garante de uma permanente actualização dos elementos considerados relevantes para um bom funcionamento da UC: sinopse, horário, elementos de consulta, slides, bibliografia e folhas de exercícios. De salientar que o curso tem por fio condutor o mesmo manual de base, Bowers, Gerber, Hickman, Jones & Nesbitt, (1986). Actuarial Mathematics. Chicago. The Society of Actuaries.*

*Módulo 1: Exame Final (EF1) Módulo 2: Exame Final (EF2)*

*Nota Final = 50% (EF1) + 50% (EF2) Aprovação com Nota Final  $\geq 9.5$ , desde que EF1  $\geq 8.0$  e EF2  $\geq 8.0$*

### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*The course unity (CU) is taught by two professors, given its modular nature, separating the Life and Non-Life branches, to distinguish the different approaches to risk. This CU follows a mixed teaching methodology, combining an expository mode with slides available to students, with more interventional classes, motivating to solve theoretical-practical exercises and subsequent oral presentation. The computer platform moodle / fenix is ensures a continuous updating of the relevant elements considered for the proper functioning of course unity: synopsis, time, reference elements, slides, bibliography and exercise sheets. Note that the course is in line with the same basic manual, Bowers, N.L. Jr., Gerber, H.U., Hickman, J. C., Jones, D. and Nesbitt, C. J. (1986). Actuarial Mathematics. Chicago. The Society of Actuaries.*

*Module 1: Final Exam (EF1)*

*Module 2: Final Exam (EF2)*

*Final Grade = 50% (EF1) + 50% (EF2)*

*Approval with Final Mark  $\geq 9.5$ , with EF1  $\geq 8.0$  and EF2  $\geq 8.0$*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*As metodologias de ensino estão em coerência com os objectivos da unidade curricular, nomeadamente através da implementação de aulas teóricas e teórico-práticas, dirigidas a um acompanhamento da disciplina que interliga cada capítulo de estudo com os previamente apresentados. De realçar que os conceitos apresentados aos alunos nas aulas teóricas são trabalhados através de ilustração imediata pelos docentes do curso, quer no Módulo 1 (Seguros de Vida) quer no Módulo 2 (Risco em Seguros Não-Vida), de forma a consolidar o conhecimento das noções apresentadas no curso, por parte do aluno.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The teaching methodologies are consistent with the objectives of the course, particularly through the implementation of theoretical and theoretical-practical, aimed at monitoring the discipline that interconnects each study section with previously presented. Note that the concepts presented to students in lectures are worked through immediate illustration by professors of the course, both in Module 1 (Life Insurance) and in Module 2 (Risk in Non-Life Insurance), in order to consolidate the knowledge of notions presented in the course by the student.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Módulo 1:*

*Bowers, N.L. Jr., Gerber, H.U., Hickman, J.C., Jones, D. e Nesbitt, C.J. (1986). Actuarial Mathematics. Chicago. The Society of Actuaries.*

*Módulo 2:*

*(\*) Bowers, N.L. Jr., Gerber, H.U., Hickman, J.C., Jones, D. e Nesbitt, C.J. (1986). Actuarial Mathematics. Chicago. The Society of Actuaries.*

*(\*) M. I. Fraga Alves, Teoria do Risco, Texto de apoio, Edições CEAUL, 2005.*

### Mapa III - Análise de Sobrevivência / Survival Analysis

#### 3.2.1. Unidade curricular:

*Análise de Sobrevivência / Survival Analysis*

#### 3.2.2. Docente responsável (preencher o nome completo) e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*Cristina Maria Tristão Simões Rocha (21h T + 14h PL)*

#### 3.2.3. Outros docentes e respetivas horas de contacto na unidade curricular:

*<sem resposta>*

#### 3.2.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

*Pretende-se que os alunos sejam capazes de proceder à análise estatística de dados de sobrevivência, que surgem frequentemente em estudos realizados na área das ciências biomédicas. Para tal, são apresentados os conceitos fundamentais da análise de sobrevivência, bem como os métodos estatísticos necessários para a realização de inferência estatística tendo em conta a existência de censura e/ou truncatura. Adquiridos estes conhecimentos, os alunos devem ser capazes de identificar e aplicar os métodos apropriados numa dada situação. Será utilizado software estatístico para ilustrar a aplicação dos métodos estudados, devendo os alunos ser capazes de interpretar correctamente os outputs obtidos.*

#### 3.2.4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

*The students should be able to carry out the statistical analysis of survival data, that are frequently encountered in studies conducted in the area of the biomedical sciences. With that purpose, the students will learn the fundamental concepts of survival analysis, as well as the appropriate statistical methods to make inference in the presence of censoring and/or truncation. Thus, the students should be able to identify and to carry out the appropriate procedures in a given situation. Statistical software will be used to implement many of the techniques for analyzing survival data and the students are expected to be able to make a correct interpretation of the obtained computer outputs.*

#### 3.2.5. Conteúdos programáticos:

*Conceitos básicos da análise de sobrevivência. Censura e truncatura.  
Estudo de modelos probabilísticos para o tempo de vida.  
Modelos de regressão paramétricos.  
Métodos não paramétricos para estudo de uma população e para comparação do tempo de vida de indivíduos pertencentes a dois ou mais grupos.  
Estudo detalhado do modelo de regressão de Cox.  
Análise de riscos competitivos.*

#### 3.2.5. Syllabus:

*Basic concepts in survival analysis; censoring and truncation.  
Study of some probabilistic models for survival time.  
Parametric regression models.  
Non-parametric methods for one sample and for comparing the survival time of individuals in two or more groups.  
Detailed study of the semi-parametric Cox regression model.  
Competing risks analysis.*

#### 3.2.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os métodos estatísticos apresentados incluem os mais frequentemente utilizados quando se pretende analisar dados de sobrevivência. No entanto, são também apresentados tópicos necessários para a resolução de problemas que surgem em situações mais complexas.*

#### 3.2.6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The statistical methods that are taught in this unit include those that are most often used when it is necessary to analyze survival data. However, some topics are also presented which are necessary to deal with non-standard problems.*

#### 3.2.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

*Aulas teóricas onde são expostos os tópicos referidos nos conteúdos programáticos, com o auxílio de slides da autoria do docente; aulas práticas onde são resolvidos problemas de aplicação da matéria leccionada, com utilização de software estatístico (SPSS).*

*Exame final.*

#### 3.2.7. Teaching methodologies (including assessment):

*Lectures where the theory is presented and explained; problem solving classes where the students use computer software (SPSS) to carry out the appropriate statistical procedures.*

*Final Exam.*

### 3.2.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular:

*Os métodos estatísticos para análise de dados de sobrevivência são apresentados nas aulas teóricas sendo, sempre que possível, acompanhados de exemplos de aplicação em situações práticas na área das ciências biomédicas. Nas aulas práticas, ao utilizarem software estatístico, os alunos têm a oportunidade de constatar que os meios computacionais permitem implementar com grande facilidade os métodos estudados, sendo portanto essencial que os alunos identifiquem os métodos apropriados a cada situação e interpretem correctamente os outputs obtidos.*

### 3.2.8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes:

*The methods for analysis of survival data are explained in lectures and, whenever possible, practical examples in the area of biomedical sciences are also presented, in order to allow the students realize the applicability of these methods in different situations. The use of the computer in practical classes is very important, since the students have the opportunity to observe how it facilitates the implementation of the methods of data analysis. Thus, they must identify the appropriate procedure in a given situation and make a correct interpretation of the obtained outputs.*

### 3.2.9. Bibliografia de consulta / existência obrigatória:

*Collett, D. (2003) Modelling Survival Data in Medical Research, 2nd edition. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida.*  
*Klein, J.P. e Moeschberger, M.L. (1997) Survival Analysis. Techniques for Censored and Truncated Data. Springer, New York.*  
*Lawless, J.F.(1982) Statistical Models and Methods for Lifetime Data. Wiley, New York.*  
*Marubini, E. e Valsecchi, M.G. (1995) Analysing Survival Data from Clinical Trials and Observational Studies. Wiley, New York.*

## 4. Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

### 4.1 Descrição e fundamentação dos recursos docentes do ciclo de estudos

#### 4.1.2 Equipa docente do ciclo de estudos

##### 4.1.2. Mapa IX -Equipa docente do ciclo de estudos / Map IX - Study programme's teaching staff

Nome / Name	Grau / Degree	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Helena Maria Iglésias Pereira	Doutor	Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Eugénia Vasconcelos Captivo	Doutor	Estatística e Computação, especialidade Investigação Operacional	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Ana Maria Duarte Silva Alves Paias	Doutor	Estatística e Investigação Operacional	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
António José Lopes Rodrigues	Doutor	Estatística e Investigação Operacional	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Cristina Maria Tristão Simões Rocha	Doutor	Estatística e Computação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Francisco Alexandre Saldanha Gama Nunes Da Conceição	Doutor	Estatística e Investigação Operacional	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Inês Marques Proença	Doutor	Estatística e Investigação Operacional		<a href="#">Ficha submetida</a>
Kamil Feridun Turkman	Doutor	Probability and Statistics	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Luis Eduardo Neves Gouveia	Doutor	Estatística e Computação - Especialidade Investigação Operacional	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Margarida Maria Teixeira Diniz Mendes Leal	Doutor	Estatística e Computação, especialidade Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Fernanda Adão Dos Santos Fernandes De Oliveira	Doutor	Estatística e computação	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Fernanda Nunes Diamantino	Doutor	Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Isabel Calisto Frade Barão	Doutor	Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Isabel Fraga Alves	Doutor	Estatística e Computação, na especialidade de Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Salomé Esteves Cabral	Doutor	Estatística e Computação especialidade de Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Teresa Themido Da Silva Pereira	Doutor	Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Miguel Fragoso Constantino	Doutor	Matemática Aplicada	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Maria Da Conceição Fonseca	Doutor	Estatística e Investigação Operacional - Optimização	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Patrícia Cortés De Zea Bermudez	Doutor	Probabilidades e Estatística	100	<a href="#">Ficha submetida</a>
Pedro Martins Pereira Serrão De	Doutor	Estatística e Investigação Operacional -	100	<a href="#">Ficha submetida</a>

Moura	Otimização			
André Osório e Cruz de Azerêdo Falcão	Doutor Eng. Florestal	100		Ficha submetida
Francisco José Moreira Couto	Doutor Informática	100		Ficha submetida
Thibault Nicolas Langlois	Doutor Informática	100		Ficha submetida
Cristina Maria Sousa Catita	Doutor Engenharia Geográfica e GeoInformática	100		Ficha submetida
Fernando João Pereira De Bastos	Doutor Matemática, ramo de Investigação Operacional	100		Ficha submetida
João Miguel Paixão Telhada	Doutor Estatística e Investigação Operacional	100		Ficha submetida
Marília Cristina De Sousa Antunes	Doutor Probabilidades e Estatística	100		Ficha submetida
		<b>2600</b>		

<sem resposta>

## 4.2. Dados percentuais da equipa docente do ciclo de estudos (todas as percentagens são sobre o nº total de docentes ETI)

### 4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos

#### 4.2.1. Corpo docente próprio do ciclo de estudos / Full time teaching staff

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº / No.	Percentagem* / Percentage*
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of full time teachers:	26	100

### 4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado

#### 4.2.2. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	N.º / No.	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff with a PhD (FTE):	26	100

### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado

#### 4.2.3. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialized teaching staff

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	N.º / No.	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff with a PhD, specialized in the main areas of the study programme (FTE):	22	84,62
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists, without a PhD, of recognized professional experience and competence, in the main areas of the study programme (FTE):	0	0

### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação

#### 4.2.4. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação / Teaching staff stability and training dynamics

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	N.º / No.	Percentagem* / Percentage*
Docentes do ciclo de estudos em tempo integral com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Full time teaching staff with a link to the institution for a period over three years:	26	100
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um ano (ETI) / Teaching staff registered in a doctoral programme for more than one year (FTE):	0	0

## 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho

### 4.3. Procedimento de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas para a sua permanente atualização:

*A avaliação do desempenho dos docentes é um elemento central do processo de avaliação permanente da qualidade na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. O objetivo da avaliação de docentes é o de reconhecer e valorizar o mérito, e fornecer a cada docente um conjunto de indicadores que lhe permita aperfeiçoar o seu desempenho, bem*

como definir e promover melhorias no funcionamento da instituição, em particular no que diz respeito à formação dos estudantes. A avaliação do desempenho toma em consideração as quatro vertentes do trabalho universitário, nomeadamente (i) ensino, (ii) investigação, (iii) Extensão Universitária, Divulgação Cultural e Científica e Valorização Económica e Social do Conhecimento e (iv) Gestão Universitária. A avaliação dos docentes de carreira incide sobre o desempenho dos anos anteriores e é feita de três em três anos.

A avaliação dos docentes da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa até agora era realizada de acordo com o estabelecido para a avaliação dos docentes da Universidade de Lisboa, no Despacho n.º 12292/2014. De agora em diante os procedimentos e critérios de avaliação específicos da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa submetem-se ao Despacho n.º 13360/2016, de 9 de novembro.

#### 4.3. Teaching staff performance evaluation procedures and measures for its permanent updating:

The evaluation of teachers' performance is a central element of the ongoing evaluation process quality at the Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. The objective of the evaluation of teachers is to recognize and value the merits, and give each teacher a set of indicators that will enable him/her to improve his/her performance, and identify and promote improvements in the functioning of the institution, in particular with regard to training of students. The performance evaluation takes into account the four aspects of university work, namely (i) education, (ii) research, (iii) University Extension, Cultural and Scientific Disclosure and Economic and Social Valorization of Knowledge and (iv) university management. The evaluation of career teachers focuses on the performance of previous years and is made every three years.

The evaluation of teachers of the Faculty of Sciences of the University of Lisbon until now was carried out according to what was established for the evaluation of the professors of the University of Lisbon, in Despacho n.º 12292/2014. From now on the specific evaluation procedures and criteria of the Faculty of Sciences of the University of Lisbon are subject to Despacho n.º 13360/2016, of November 9.

## 5. Atividades de formação e investigação

### Mapa V - 5.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

#### 5.1. Mapa V Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua actividade científica / Research Centre(s) in the area of the study programme, where the teachers develop their scientific activities

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	Observações / Observations
Centro de Matemática, Aplicações Fundamentais e Investigação Operacional	Excelente	UID/MAT/04561/2013	
Centro de Estatística e Aplicações da Universidade de Lisboa	Muito Bom	UID/MAT/00006/2013	

#### Perguntas 5.2 e 5.3

#### 5.2. Mapa resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos, na área predominante do ciclo de estudos, em revistas internacionais com revisão por pares:

<http://a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/b64ce65e-9d5e-66e3-a5fe-5800cd6361cd>

#### 5.3. Lista dos principais projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais em que se integram as atividades científicas, tecnológicas, culturais e artísticas desenvolvidas na área do ciclo de estudos:

WGSEA-Specialized Working Group on Statistics of Extremes and Applications, Coordenado conjuntamente por M.I. Gomes, C. Dombry, M. Falk and A. Guillo, integrado em ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics, desde 2012.

PERSSILAA, SEVENTH FRAMEWOK PROGRAMME - "PERsonalised ICT Supported Service for Independent Living and Active Ageing", Grant agreement no: 610359, Call (part) Identifier FP7-ICT-2013-10. Portuguese Coordinator: A.P. Rauter (FCUL), (11/2013-11/2016).

Modeling Routing and Rostering with Network Flows - PTDC/MATNAN/2196/2014-RORNET; (01.01.2016 - 31.12.2018) - PI: Luís Gouveia.

mKEP - Modelos e algoritmos de optimização em programas internacionais de doação renal cruzada - PTDC/IIM-GES/2830/2014 - PI: Miguel Constantino.

Embedding Risk in Supply Chain Network Design Problems. Projecto de cooperação transnacional Portugal-Alemanha financiado pela FCT (1.1.2015 - 31.12.2016) - PI: Francisco Saldanha da Gama

#### 5.3. List of the main projects and/or national and international partnerships, integrating the scientific, technological, cultural and artistic activities developed in the area of the study programme:

WGSEA-Specialized Working Group on Statistics of Extremes and Applications, Co-chair jointly by M.I. Gomes, C.Dombry, M. Falk and A. Guillo, integrated in ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics, since 2012.

PERSSILAA, SEVENTH FRAMEWOK PROGRAMME - "PERsonalised ICT Supported Service for Independent Living and Active Ageing", Grant agreement no: 610359, Call (part) Identifier FP7-ICT-2013-10. Portuguese Coordinator: A.P. Rauter (FCUL), (11/2013-11/2016).

Modeling Routing and Rostering with Network Flows - PTDC/MATNAN/2196/2014-RORNET; (01.01.2016 - 31.12.2018) -



PI: Luís Gouveia.

mKEP - Models and optimization algorithms in international programs of cross-kidney donation - PTDC/IIM-GES/2830/2014 - PI: Miguel Constantino.

Embedding Risk in Supply Chain Network Design Problems. Transnational cooperation Portugal-Germany funded by FCT (1.1.2015 - 31.12.2016) - PI: Francisco Saldanha da Gama.

## 6. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artísticas, prestação de serviços à comunidade e formação avançada

6.1. Descreva estas atividades e se a sua oferta corresponde às necessidades do mercado, à missão e aos objetivos da instituição:

*No âmbito da realização da unidade curricular Dissertação/Estágio/Projeto existe a possibilidade de os alunos realizarem um trabalho de natureza mais aplicada, enquadrado no âmbito dos objectivos do 2º ciclo em Estatística e Investigação Operacional. São exemplos recentes disto os trabalhos realizados no desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão para o planeamento de cirurgias electivas (em colaboração com hospitais públicos), o desenvolvimento de um modelo de optimização do plano mestre de cirurgias electivas (em colaboração com um hospital privado), ou o planeamento de inspeções de aeronaves (em colaboração com a TAP Manutenção e Engenharia).*

*Foi ainda realizado um estágio inserido num projecto coordenado pelo LNEC, sobre avaliação de novas tecnologias de mobilidade urbana usando modelos de Regressão Logística.*

*Em todos os casos referidos, as Instituições/ Empresas com quem foi realizado o trabalho mostraram um elevado grau de satisfação com o resultado final obtido.*

6.1. Describe these activities and if they correspond to the market needs and to the mission and objectives of the institution:

*Within the curricular unit Dissertation/internship/Project there is a possibility for students to undertake a more applied work, within the framework of the objectives of the 2nd cycle in statistics and operations research. Recent examples of this type of work are the development of decision support tools for planning elective surgery (in collaboration with public hospitals), the development of an optimization model for the master surgery schedule (MSS), (in collaboration with a private hospital), or the planning of aircraft inspections (in collaboration with TAP Maintenance and Engineering).*

*There has also been an internship included in a project coordinated by LNEC about the evaluation of new urban mobility technologies, making use of Logistic Regression models.*

*In all the cases referred to, the institutions/companies with whom the work was developed showed a high degree of satisfaction with the final result obtained.*

## 7. Estágios e/ou Formação em Serviço

### 7.1. e 7.2 Locais de estágio e/ou formação em serviço (quando aplicável)

---

Mapa VI - Protocolos de Cooperação

Mapa VI - Protocolos de Cooperação

7.1.1. Entidade onde os estudantes completam a sua formação:

<sem resposta>

7.1.2. Protocolo (PDF, máx. 150kB):

<sem resposta>

Mapa VII. Plano de distribuição dos estudantes

7.2. Mapa VII. Plano de distribuição dos estudantes pelos locais de estágio e/ou formação em serviço demonstrando a adequação dos recursos disponíveis.(PDF, máx. 100kB).

<sem resposta>

### 7.3. Recursos próprios da Instituição para acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço.

---

7.3. Recursos próprios da Instituição para o acompanhamento efectivo dos seus estudantes nos estágios e/ou formação em serviço:

&lt;sem resposta&gt;

**7.3. Resources of the Institution to effectively follow its students during the in-service training periods:**

&lt;no answer&gt;

**7.4. Orientadores cooperantes****Mapa VIII. Normas para a avaliação e selecção dos elementos das instituições de estágio e/ou formação em serviço responsáveis por acompanhar os estudantes****7.4.1 Mapa VIII. Mecanismos de avaliação e selecção dos orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço, negociados entre a Instituição de ensino superior e as instituições de estágio e/ou formação em serviço (PDF, máx. 100kB):**

&lt;sem resposta&gt;

**Mapa IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (obrigatório para ciclo de estudos de formação de professores)****Mapa IX. Orientadores cooperantes de estágio e/ou formação em serviço (para ciclo de estudos de formação de professores) / Map IX. External supervisors responsible for following the students' activities (only for teacher training study programmes)**

Nome / Instituição ou estabelecimento a que pertence / Institution	Categoria Profissional / Professional Title	Habilitação Profissional (1) / Professional Qualifications (1)	Nº de anos de serviço / No of working years
--	---	--	---

&lt;sem resposta&gt;

**8. Estudantes e Ambientes de Ensino/Aprendizagem****8.1. Caracterização dos estudantes****8.1.1. Caracterização dos estudantes inscritos no ciclo de estudos, incluindo o seu género e idade****8.1.1.1. Por Género****8.1.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender**

Género / Gender	%
Masculino / Male	42
Feminino / Female	58

**8.1.1.2. Por Idade****8.1.1.2. Caracterização por idade / Characterisation by age**

Idade / Age	%
Até 20 anos / Under 20 years	0
20-23 anos / 20-23 years	58
24-27 anos / 24-27 years	29
28 e mais anos / 28 years and more	13

**8.1.2. Número de estudantes por ano curricular (ano letivo em curso)****8.1.2. Número de estudantes por ano curricular (ano letivo em curso) / Number of students per curricular year (current academic year)**

Ano Curricular / Curricular Year	Número / Number
----------------------------------	-----------------

1º ano curricular do 2º ciclo	13
2º ano curricular do 2º ciclo	11
	<b>24</b>

### 8.1.3. Procura do ciclo de estudos por parte dos potenciais estudantes nos últimos 3 anos.

#### 8.1.3. Procura do ciclo de estudos / Study programme's demand

	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano/ Last year	Ano corrente / Current year
N.º de vagas / No. of vacancies	25	25	25
N.º candidatos 1.ª opção, 1ª fase / No. 1st option, 1st fase candidates	12	11	19
Nota mínima do último colocado na 1ª fase / Minimum entrance mark of last accepted candidate in 1st fase	12	12	12
N.º matriculados 1.ª opção, 1ª fase / No. 1st option, 1st fase enrolments	12	7	14
N.º total matriculados / Total no. enrolled students	12	7	14

### 8.1.4. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes (designadamente para discriminação de informação por ramos)

#### 8.1.4. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes (designadamente para discriminação de informação por ramos)

*Neste 2º ciclo em Estatística e Investigação Operacional, os estudantes escolhem o ramo em que se pretendem especializar no início do 2º ano.*

*Em 2012/13 funcionou pela 1ª vez o 2º ano, tendo 5 estudantes optado pelo ramo de Estatística, 4 pelo ramo de Investigação Operacional e 2 pelo ramo de Estatística e Investigação Operacional. Destes, concluíram nesse ano o grau, 3 estudantes do ramo de Estatística, 2 estudantes do ramo de Investigação Operacional e 1 estudante do ramo de Estatística e Investigação Operacional.*

*Em 2013/14 houve 3 estudantes matriculados no ramo de Estatística, 2 estudantes matriculados no ramo de Investigação Operacional e 1 estudante matriculado no ramo de Estatística e Investigação Operacional. Destes, concluíram nesse ano o grau, 2 estudantes do ramo de Estatística e 1 estudante do ramo de Investigação Operacional. Em 2014/15 houve 1 estudante matriculado no ramo de Estatística, 8 matriculados no ramo de Investigação Operacional e 2 estudantes matriculados no ramo de Estatística e Investigação Operacional. Destes, concluíram nesse ano o grau, 1 estudante do ramo de Estatística e 4 estudantes do ramo de Investigação Operacional.*

*Em 2015/16 houve 2 estudantes matriculados no ramo de Estatística, 8 matriculados no ramo de Investigação Operacional e 3 estudantes matriculados no ramo de Estatística e Investigação Operacional. Destes, concluíram nesse ano o grau, 1 estudante do ramo de Estatística, 5 estudantes do ramo de Investigação Operacional, e 1 estudante do ramo de Estatística e Investigação Operacional.*

*No ano corrente (2016/17) estão 2 estudantes matriculados no ramo de Estatística, 6 matriculados no ramo de Investigação Operacional e 3 estudantes matriculados no ramo de Estatística e Investigação Operacional.*

#### 8.1.4. Additional information about the students' characterisation (information about the students' distribution by the branches)

*In this 2nd cycle in Statistics and Operational Research, students choose the branch in which they intend to specialize at the beginning of the second year.*

*In 2012/13, the 2nd year ran for the first time, and 5 students chose the Statistics branch, 4 students chose the Operational Research branch, and 2 students chose the Statistics and Operational Research branch. Of these, concluded the degree in that year, 3 students in the Statistics branch, 2 students in the Operational Research branch and 1 student on the Statistics and Operational Research branch.*

*In 2013/14 there were 3 students enrolled in the Statistics branch, 2 students enrolled in the Operational Research branch and 1 student enrolled in the Statistics and Operational Research branch. Of these, concluded the degree in that year, 2 students in the Statistics branch and 1 student in the Operational Research branch.*

*In 2014/15 there were 1 student enrolled in the Statistics branch, 8 students enrolled in the Operational Research branch and 2 student enrolled in the Statistics and Operational Research branch. Of these, concluded the degree in that year, 1 student in the Statistics branch and 4 students in the Operational Research branch.*

*In 2015/16 there were 2 students enrolled in the Statistics branch, 8 students enrolled in the Operational Research branch and 3 students enrolled in the Statistics and Operational Research branch. Of these, concluded the degree in that year, 1 student in the Statistics branch, 5 students in the Operational Research branch and 1 student in the Statistics and Operational Research branch.*

*In the current year (2016/17) there are 2 students enrolled in the Statistics branch, 6 students enrolled in the Operational Research branch and 3 students enrolled in the Statistics and Operational Research branch.*

## 9. Resultados académicos e internacionalização do ensino

## 9.1. Resultados Académicos

### 9.1.1. Eficiência formativa.

#### 9.1.1. Eficiência formativa / Graduation efficiency

	Antepenúltimo ano / Two before the last year	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano / Last year
N.º diplomados / No. of graduates	3	5	7
N.º diplomados em N anos / No. of graduates in N years*	0	3	5
N.º diplomados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	3	2	1
N.º diplomados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	0	0	1
N.º diplomados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	0	0	0

### Perguntas 9.1.2. a 9.1.3.

#### 9.1.2. Comparação do sucesso escolar nas diferentes áreas científicas do ciclo de estudos e respetivas unidades curriculares.

*Considerando a média dos últimos 3 anos, a percentagem de alunos aprovados sobre os que efectivamente se submetem ao processo de avaliação, tem sido um pouco mais alta nas unidades curriculares da subárea científica de Investigação Operacional (cerca de 95%) do que nas unidades curriculares da subárea científica de Estatística (cerca de 82%).*

*Na subárea científica de Investigação Operacional, se considerarmos apenas as unidades curriculares obrigatórias, os resultados pioram (cerca de 88%). Mas se considerarmos apenas as unidades curriculares opcionais, os resultados melhoram muito (atingem 100%).*

*Na subárea científica de Estatística, se considerarmos apenas as unidades curriculares obrigatórias, os resultados pioram (cerca de 74%). Mas se considerarmos apenas as unidades curriculares opcionais, os resultados melhoram (cerca de 91%).*

*Até 2014 houve mais alunos a concluírem no ramo de Estatística mas desde 2015 concluíram mais alunos no ramo de Investigação Operacional.*

#### 9.1.2. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and related curricular units.

*Considering the average values for the last 3 years, the percentage of students approved over those who actually undergo the assessment process has been a little higher in the curricular units of the scientific subarea of Operational Research (about 95%) than in the curricular units of the scientific subarea of Statistics (about 82%).*

*In the scientific subarea of Operational Research, if we consider only the compulsory units, the results get worse (88%). But if we consider only the optional units, the results improve a lot (100%).*

*In the scientific subarea of Statistics, if we consider only the compulsory units, the results get worse (about 74%). But if we consider only the optional units, the results improve (about 91%).*

*Until 2014 more students concluded the course in the branch of Statistics but since then, more students concluded the course in the branch of Operational Research.*

#### 9.1.3. Forma como os resultados da monitorização do sucesso escolar são utilizados para a definição de ações de melhoria do mesmo.

*No final de cada semestre e após o lançamento das notas, constam de forma automática nos relatórios de unidade curricular, as taxas de sucesso por u.c. (aprovados/inscritos e aprovados/avaliados). Estes resultados da monitorização do sucesso escolar são utilizados pela coordenação do curso para detectar eventuais problemas relacionados com as diferentes u.c. do plano de estudos. Em função dos problemas detectados são ouvidos os docentes e os alunos envolvidos na disciplina, e são encontradas soluções.*

*Nas u.c. com valores muito fora da média, procura-se encontrar alguma situação específica que explique esse comportamento e, caso se encontre uma explicação causal, esta é abordada com os regentes ou com os responsáveis de outros departamentos.*

*Até agora as situações verificadas foram esporádicas e ultrapassadas com estas iniciativas.*

#### 9.1.3. Use of the results of monitoring academic success to define improvement actions.

*At the end of semester and after the release of the notes, the success rates for each curricular unit (Approved / registered and approved / evaluated) are set automatically in the course report. These results are used for the coordination of the course to detect any problems with the different curricular unit in the study plan. If any problem occurs, the teachers and the students involved in the discipline talk about it and try to find a solution. In curricular units where the results are far away from the average, we seek for some specific situation that explains this behavior, and if we find it this is addressed with the regents.*

*So far these situations have been sporadic and we were able to overcome them this way.*

### 9.1.4. Empregabilidade.

#### 9.1.4. Empregabilidade / Employability

	%
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em sectores de atividade relacionados com a área do ciclo de estudos / Percentage of graduates that obtained employment in areas of activity related with the study programme's area.	100
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego em outros sectores de atividade / Percentage of graduates that obtained employment in other areas of activity	0
Percentagem de diplomados que obtiveram emprego até um ano depois de concluído o ciclo de estudos / Percentage of graduates that obtained employment until one year after graduating	100

## 9.2. Internacionalização do ensino

### 9.2.1. Nível de internacionalização (dados relativos ao ciclo de estudos) / Internationalisation level (Study programme data)

	%
Percentagem de alunos estrangeiros matriculados no ciclo de estudos / Percentage of foreign students enrolled in the study programme	8
Percentagem de alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Percentage of students in international mobility programs (in)	4
Percentagem de alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Percentage of students in international mobility programs (out)	0
Percentagem de docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Percentage of foreign teaching staff (in)	0
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Percentage of teaching staff in mobility (out)	0

## 10. Análise SWOT do ciclo de estudos

### 10.1. Pontos fortes:

*A elevada qualificação da equipa de docentes do ciclo de estudos, quer na área de Estatística quer na área de Investigação Operacional, é um dos pontos fortes.*

*Na sua maioria, a equipa inclui investigadores activos, que publicam regularmente em revistas internacionais sujeitas a revisão pelos pares, e bastante citados quer a nível nacional quer a nível internacional.*

*Vários docentes são também activos a nível de transferência de conhecimentos para o sector produtivo, participando em projectos de desenvolvimento com diversas empresas e/ou Instituições públicas ou privadas.*

*Esta relação entre investigação e transferência de conhecimento permite que os casos de estudo apresentados aos alunos sejam actuais e adequados à realidade que os alunos irão provavelmente encontrar quando se inserirem no mercado de trabalho.*

*Alguns dos tópicos estudados dão também uma preparação significativa no caso de o aluno desejar prosseguir os estudos num doutoramento nestas áreas.*

*Existe também uma relação Professor/Aluno de grande proximidade, demonstrando o corpo docente grande empenho e acompanhamento da actividade docente.*

*É um curso muito apreciado pelos alunos como revelado num inquérito feito em 2015/16 pelo NUPAGEC onde 100% dos alunos inquiridos (12) revelou que "Se pudesse voltar a optar, escolheria novamente este ciclo de estudos da FCUL".*

*Com as competências adquiridas neste 2º ciclo, tem-se verificado um óptimo nível de empregabilidade dos alunos. Ao longo destes 6 anos de funcionamento, este 2º ciclo tem conseguido captar alunos vindos de outras áreas e/ou de outras escolas.*

### 10.1. Strengths:

*The high qualification of the team of the teachers of this 2nd cycle, either in the area of Statistics or in the area of Operations Research, is one of the strong points. The team contains many active researchers who publish regularly in international journals subject to peer review, and quite cited nationally and internationally.*

*Several teachers are also active at the level of knowledge transfer to the productive sector, participating in development projects with several companies and/or public or private institutions.*

*This relation between research and knowledge transfer allows that the case studies presented to students are up to date and appropriate to the reality that students are likely to find when they enter the work market.*

*Some of the topics studied provide significant preparation in case the student wishes to pursue his doctoral studies in these areas.*

*The course has a teacher/student relation of close proximity, demonstrating the large faculty commitment to monitoring the teaching activity.*

*It is a course quite appreciated by students as revealed by the answer to a survey done in 2015/16 by NUPAGEC where 100% of all respondents (12) told yes when asked "If you could choose, will you choose again this cycle of studies by the FCUL".*

*During these 6 years of operation, this second cycle has managed to attract students from other areas and / or other schools.*

### 10.2. Pontos fracos:

*As competências fundamentais quer na área da Estatística, quer na área de Investigação Operacional têm sido ministradas ao nível do 1º ano, 1º e 2º semestre, em 3 UC obrigatórias de cada uma das áreas, para todos os alunos. Estas UC obrigatórias são transversais à diversidade de perfis de alunos admitidos no MSC, mas ocupam 36 (18+18) ECTS. Isto impossibilita a apresentação de unidades curriculares de outra índole, mais multifacetadas, como seminários temáticos nas 2 áreas, por exemplo, ou aprofundamento de tópicos em áreas de mais interesse para alguns dos alunos. Efetivamente temos tido vários alunos mais interessados numa das áreas, seja Estatística ou Investigação Operacional, e menos interessados na outra, que gostariam de aprofundar o estudo na área que mais lhes interessa, e ver diminuído o número de UC obrigatórias que têm que fazer na outra área.*

*Uma ligação menos forte do que a desejada com as empresas, o que tem limitado de alguma maneira o número de estágios disponíveis por ano. Claro que os alunos têm outras formas de realizar o trabalho final e a generalidade dos alunos tem optado por Dissertação ou Projeto como trabalho de conclusão do curso*

#### 10.2. Weaknesses:

*The core skills both in the area of Statistics, and in the area of Operational Research have been held at the level of the 1st year, 1st and 2nd semester, but requiring 3 mandatory UC for each area, for all students. These are mandatory UC were designed to cross diversity of admitted students profiles in the MSC, but occupy 36 (18 + 18) ECTS. This makes impossible the presentation of other more multifaceted as for instance thematic seminars in both areas, for example, or the deepening of some topics in areas of more interest to some of the students. In fact, we have had several students who are more interested in one of the areas, either Statistics or Operational Research, and less interested in the other, who would like to deepen the study in the area that interests them the most, and see the number of compulsory UC they are required to do in the other area decreased. A relation with companies that is not as strong as we would like to, which limits the number of internships available per year. Of course the students have other ways of performing the final work and the generality of the students has opted for Dissertation or Project as a course completion work.*

#### 10.3. Oportunidades:

*Exploração do interesse crescente de empresas e instituições públicas e privadas pela utilização de técnicas de Estatística e de Investigação Operacional na melhoria dos seus serviços e na optimização dos seus recursos. Exploração de algumas sinergias entre as duas áreas que permitiram o desenvolvimento de alguns trabalhos finais conjuntos, envolvendo Estatística e Investigação Operacional. Possibilidade de partilha de unidades curriculares pertencentes ao plano de estudos de diferentes Mestrados oferecidos pelo Departamento. O Mestrado contribui para a formação de 2ºciclo quer de estudantes recém-licenciados, quer de pessoas já inseridas no mercado de trabalho, para quem esta pós-graduação representa um valor acrescentado no desenvolvimento de competências na área de Estatística e Investigação Operacional, permitindo que se candidatem a empregos numa grande variedade de empresas públicas ou privadas. Dá também a formação adequada aos estudantes interessados em prosseguir para um 3º ciclo nestas áreas.*

#### 10.3. Opportunities:

*Exploration of the growing interest of companies and public and private institutions for the use of Statistical and Operational Research techniques in the improvement of their services and optimization of their resources. Exploration of some synergies between the two areas that enabled the development of some joint final works, involving Statistics and Operational Research. Possibility of sharing curricular units belonging to different studies master's degrees offered by the Department. The Msc contributes to the 2nd cycle formation of recently graduate's students, and of people already at the labor market, to whom this graduation represents an added value in the development of skills in the area of Statistics and Operational Research, allowing them to apply for jobs in a wide range of companies, both public and private. The training provided by the MSc degree program in Statistics and Operations Research enables the students to apply for jobs in a wide variety of companies, both public and private. It also provides adequate training for students interested in pursuing a 3rd cycle in these areas.*

#### 10.4. Constrangimentos:

*O contexto sócio-económico e demográfico em Portugal nos últimos anos, assim como a falta de bolsas de estudo tem limitado o acesso a alguns interessados, nomeadamente graduados recentes das licenciaturas do DEIO.*

*A impossibilidade de renovação do pessoal docente tem sido difícil de gerir, mas vai ser muito mais complicada quando os actuais docentes atingirem a idade da reforma. A diminuição do pessoal docente do DEIO nos últimos anos, em especial na área da Estatística (menos 4 Professores Catedráticos, 3 Professores Associados, 2 Professores Auxiliares) resultou, para os docentes em funções, numa sobrecarga em actividades lectivas e actividades administrativas, dificultando um maior envolvimento em projectos de I&D. Tem também uma consequência directa no número de UC opcionais que é possível abrir em cada ano lectivo.*

*Para responder à diversidade de expectativas dos estudantes, tendo em consideração diferentes perfis do MSc, existiria necessidade de que algumas unidades curriculares opcionais abrissem, mesmo com um nº de alunos inferior a 8. Este ponto fraco é de difícil ultrapassagem dada a filosofia da direcção da FCUL que considera que UCs opcionais com menos de 8 alunos inscritos só podem funcionar em regime tutorial, contabilizando apenas metade das horas presenciais para o serviço do docente.*

#### 10.4. Threats:

*The socio-economic and demographic context in Portugal in recent years, as well as the lack of scholarships has limited the access to some potential students, namely recent graduates of DEIO first degrees. The impossibility of renewal of teaching staff has been difficult to manage, but will be much more complicated when current teachers reach retirement age. The reduction in the teaching staff of DEIO in recent years, particularly in the area of Statistics (less 4 Full Professors, 3 Associate Professors, 2 Assistant Professors) resulted, for teachers in service, in an overload of teaching activities along with administrative activities, making it difficult a greater involvement in R&D projects. It also has a direct consequence on the number of optional UCs that can be opened in each academic year.*

*In order to respond to the diversity of student expectations, taking into account different MSc profiles, there would be a need for some optional UC to open, even with a number of students below 8. This weak point is difficult to overcome given the decision of the FCUL direction that optional UCs with fewer than 8 enrolled students can only operate under a tutorial regime, accounting for only half the attendance hours for the teacher's service.*

## 11. Proposta de ações de melhoria

### 11.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos

#### 11.1.1. Ação de melhoria

*Diminuição das unidades curriculares (UCs) obrigatórias para todos os ramos e eventual redefinição dos respectivos conteúdos.*

*Na área de Estatística, retirar as UCs obrigatórias do 1º Ano - 1º Semestre - Probabilidade e Metodologias da Estatística (12 ECTS), e criar uma UC obrigatória no 1º Ano - 1º semestre de Fundamentos de Estatística (6 ECTS) que contemple 3 módulos: Probabilidade, Inferência Estatística e Regressão. Na área de Investigação Operacional, retirar a UC obrigatória de Metodologia de Investigação Operacional (6 ECTS) que passará a opcional, mantendo a UC obrigatória de Técnicas de Investigação Operacional (6ECTS).*

*Estas modificações libertam 12 ECTS, dos quais 6 ECTS seriam utilizados na criação de uma nova UC – Seminários em EIO, contemplando tópicos de diversa índole e apresentação de casos de estudo, de forma a ilustrar uma panóplia de temas / aplicações reais associadas às áreas do ciclo de estudos. Os outros 6 ECTS seriam utilizados numa UC opcional que o aluno poderia escolher na área em que tivesse mais interesse, Estatística ou Investigação Operacional.*

*No 2º semestre do 1º ano, manter-se-ia obrigatória para todos os alunos apenas a UC Modelação e Optimização Estocástica (6 ECTS). Haveria UCs obrigatórias de acordo com o ramo escolhido pelo aluno. Modelos Estatísticos seria obrigatória para o ramo de Estatística, Programação Inteira seria obrigatória para o ramo de Investigação Operacional, e ambas seriam obrigatórias para o ramo de Estatística e Investigação Operacional. As UCs obrigatórias de um ramo serão sempre opção para o outro ramo. O 2º semestre seriam completado com a escolha de UCs opcionais, 3 ou 2 consoante o ramo, escolhidas numa área ou outra, consoante o interesse dos alunos.*

*Continuará a existir a possibilidade de os alunos escolherem unidades curriculares de outros mestrados da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no máximo de 12 ECTS.*

#### 11.1.1. Improvement measure

*Decrease in compulsory curricular units (CUs) for all branches and eventual redefinition of their contents.*

*In the area of Statistics, withdraw the compulsory CUs of the 1st Year - 1st Semester - Probability and Methodologies of Statistics (12 ECTS), and create a compulsory CU in the 1st year - 1st semester of Fundamentals of Statistics (6 ECTS) that includes 3 modules: Probability, Statistical Inference and Regression. In the area of Operational Research, to withdraw the compulsory CU of Operational Research Methodology (6 ECTS), which will become optional, keeping the compulsory CU of Operational Research Techniques (6ECTS).*

*These modifications release 12 ECTS, of which 6 ECTS would be used in the creation of a new CU - Seminars in EIO, contemplating topics of diverse nature and presentation of case studies, in order to illustrate a panoply of real themes / applications associated to the areas of Cycle of studies. The other 6 ECTS would be used in an optional CU that the student could choose in the area of his/her interest, Statistics or Operational Research.*

*In the 2nd semester of the 1st year, only the CU Stochastic Optimization and Modeling (6 ECTS) would be compulsory for all students. There would be compulsory CUs according to the branch chosen by the student. Statistical Models would be mandatory for the branch of Statistics, Integer Programming would be mandatory for the branch of Operational Research, and both would be mandatory for the branch of Statistics and Operational Research. The required CUs of one branch will always be an option for the other branch. The second semester would be completed with the choice of optional CUs, 3 or 2 depending on the branch, chosen in one area or another, depending on the students' interest.*

*There will continue to be the possibility for students to choose curricular units from other masters of the Faculty of Sciences of the University of Lisbon, with a maximum of 12 ECTS.*

#### 11.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

*Prioridade alta.*

*Medida a ser implementada no ano lectivo seguinte à sua aprovação pelos órgãos competentes.*

#### 11.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.

*High priority.*

*Measure to be implemented in the school year following its approval by the competent bodies.*

### **11.1.3. Indicadores de implementação**

*Novo plano de estudos em vigor.*

### **11.1.3. Implementation indicators**

*New study plan in operation.*

## **11.1. Ações de melhoria do ciclo de estudos**

---

### **11.1.1. Ação de melhoria**

*Reforço em acções de cooperação efectiva universidade/empresa ao nível das áreas deste 2º ciclo, Estatística e Investigação Operacional*

### **11.1.1. Improvement measure**

*Reinforcement in actions of effective university / company cooperation in the areas of this 2nd cycle, Statistics and Operational Research.*

### **11.1.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida**

*Prioridade alta.*

*É uma medida a implementar nos próximos dois anos.*

### **11.1.2. Priority (High, Medium, Low) and implementation timeline.**

*Medium priority.*

*It is a measure to be implemented in the next two years.*

### **11.1.3. Indicadores de implementação**

*Número de protocolos de colaboração com empresas e / ou instituições existentes nas áreas deste 2º ciclo, Estatística e Investigação Operacional.*

### **11.1.3. Implementation indicators**

*Number of collaboration protocols with companies and / or institutions in the areas of this 2nd cycle, Statistics and Operational Research.*